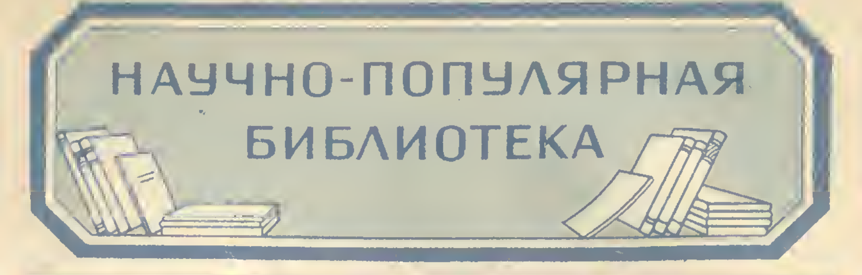


С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

Управление на расстоянии

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
ВЫПУСК 38

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

УПРАВЛЕНИЕ НА РАССТОЯНИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

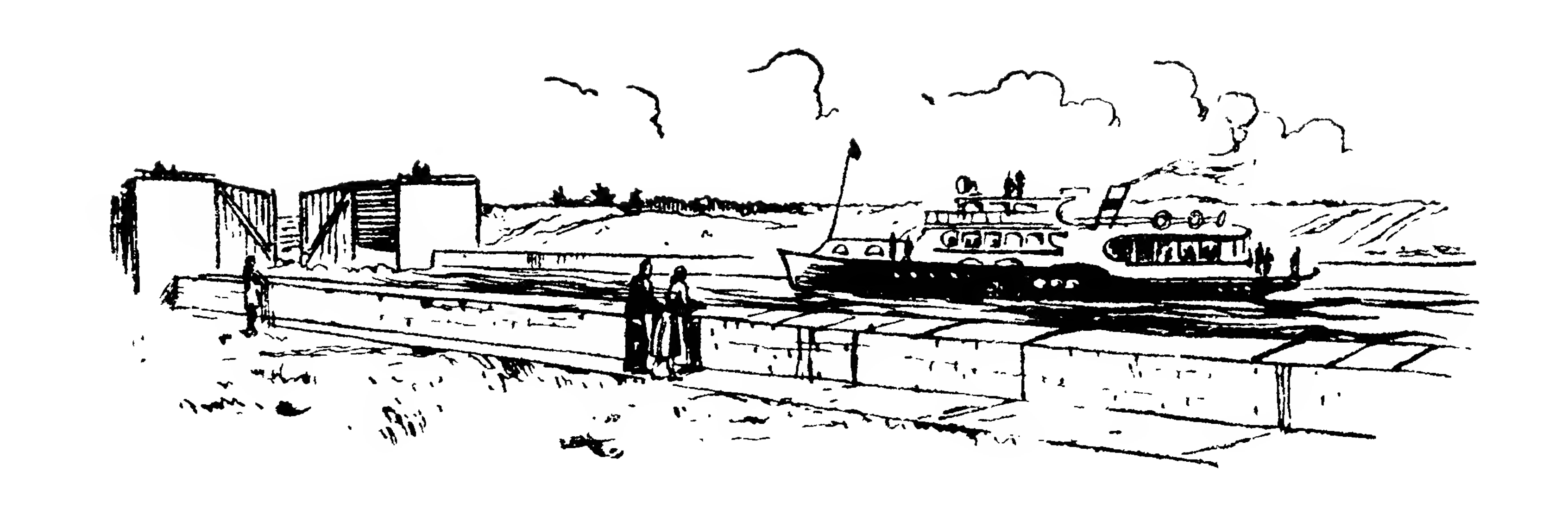
16-2-1

Редактор *Т. Б. Красина.*

Техн. редактор *М. Д. Суховцева.* Корректор *Н. Г. Зайцева.*

Подписано к печати 29/XI 1951 г. Бумага 84×108/32. 1 бум. л. 3,28 печ. л. 3,48 уч.-изд. л. 42 480 тип. зн. в печ. л. Т-09518. Тираж 100 000 экз. Цена книги 1 р. 05 к. Заказ № 628.

3-я типография «Красный пролетарий» Главполиграфиздата при Совете Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.



ВВЕДЕНИЕ

Мы находимся в огромном залитом светом помещении. Паркетный пол устлан толстыми коврами, на окнах висят шёлковые занавеси. Здесь всё сверкает чистотой. Особые аппараты — кондиционеры — автоматически поддерживают нормальную температуру и влажность воздуха.

Лампы дневного света, установленные в карнизах под потолком, равномерно освещают всё помещение.

Вдоль стены высятся стойки, на которых поблёскивают никелем и стеклом различные приборы. В центре этого помещения в мягком, поворачивающемся во все стороны кресле сидит человек.

Это — диспетчер управляемой на расстоянии энергетической системы.

Прямо перед диспетчером находится огромный щит, разделённый на панели.

На панелях — знаки, обозначающие машины и аппараты управляемых станций: генераторы и насосы — цветные кружки, масляные выключатели — цветные квадраты, соединительные шины — длинные полосы.

Светящаяся сеть знаков и линий даёт отчётливую картину работы всех станций энергосистемы.

Озарённый отблеском ламп, чуть наклоняясь, диспетчер нажимает кнопку с надписью: «Пуск».

Тотчас же начинает работать телемеханическая передающая установка, и на панели пульта управления появляется зелёный мигающий свет. Это значит, что автоматы приняли команду диспетчера и подготовляют управляемую станцию к работе.

На станции сами открываются вентили, включаются электродвигатели, раскрываются лопасти направляющих аппаратов гидротурбин.

Через полминуты зелёный огонёк исчезает — подготовка завершена; вспыхивает красный сигнал, сообщающий о том, что приказ диспетчера выполнен — станция работает полным ходом и включилась в электрическую сеть...

Дальнейшая работа станции контролируется автоматически. Дежурный персонал в машинном зале автоматизированной станции не нужен. Автоматическая аппаратура освобождает человека от того большого физического и нервного напряжения, которое потребовалось бы для того, чтобы уследить за работой большого количества машин.

Десятки сложных автоматических аппаратов контролируют температуру подшипников машин, состояние электрогенераторов, уровень и давление воды.

При любой неполадке в работе одного из агрегатов станции на пульте управления тотчас же появится тревожный сигнал — вспыхнет контрольная лампочка.

Диспетчер или включает дополнительные приборы, устраняющие неполадки, или выключает повреждённый участок станции и немедленно посылает туда ремонтную бригаду.

Есть и такие автоматы, которые не только сообщают диспетчеру о возможности аварии машины, но и сами предотвращают аварию, выключая дефектный агрегат и автоматически пуская в ход резервный. Электростанция продолжает работать с полной нагрузкой, как ни в чём не бывало. Переключение происходит настолько быстро, что потребители электроэнергии даже не успеют заметить этого.

Диспетчер управляет всеми машинами, вырабатывающими, преобразующими и передающими электроэнергию. От машин и от вспомогательных агрегатов электростанций к пульту управления протянуты электрические провода.

По одной линии проводов передаются команды диспетчера, по другой — станция даёт ответные сигналы.

Третья, особая, линия проводов служит для передачи показаний измерительных приборов, которые контролируют работу машин и механизмов автоматической станции.

Впрочем, в современных советских системах управления на расстоянии команды диспетчера, ответные сиг-

налы станции и показания приборов могут быть переданы всего лишь по двум проводам. Мощность, напряжение, ток, частота, число оборотов машин, давление воды в турбинах и многие другие величины передаются с огромной точностью.

Находясь на значительном расстоянии, диспетчер по показаниям измерительных приборов «видит» всё, что делается на каждой станции (рис. 1).

Диспетчер имеет возможность настолько точно оценить работу механизмов и машин, как будто бы он сам незримо присутствует на всех станциях одновременно.

Некоторые электростанции дают сообщения о своей работе при помощи авторапорта. Стоит только диспетчеру поднять трубку телефона и набрать номер станции, как говорящий автомат в любое время суток даст полный отчёт о работе агрегатов, о количестве выработанной электроэнергии.

Устройство авторапорта похоже на механизм говорящих часов, сообщающих время по телефону.

На ленту особым образом записаны различные режимы работы электростанции. Когда диспетчер посредством диска номеронабирателя набирает номер станции, приходят в действие установленные на ней автоматические приборы.

Из всех записей, нанесённых на ленту, приборы выбирают именно ту запись, которая отражает состояние электростанции в данный момент. Аппараты включают эту запись в линию, и она автоматически воспроизводится в телефоне диспетчера.

На автоматических электростанциях машины работают точнее и экономичнее, чем при ручном управлении, сокращаются расходы на обслуживающий персонал. Строительство автоматических станций также обходится дешевле, здания для них строят меньших размеров, и нередко совсем без окон, потолки делают ниже: ведь машинам не нужны ни чистый воздух, ни свет...

* * *

...На многих участках электрифицированных железных дорог Московского узла нет ни сигнальщиков, ни стрелочников.

Движением поездов на каждом участке управляет только один человек — диспетчер.

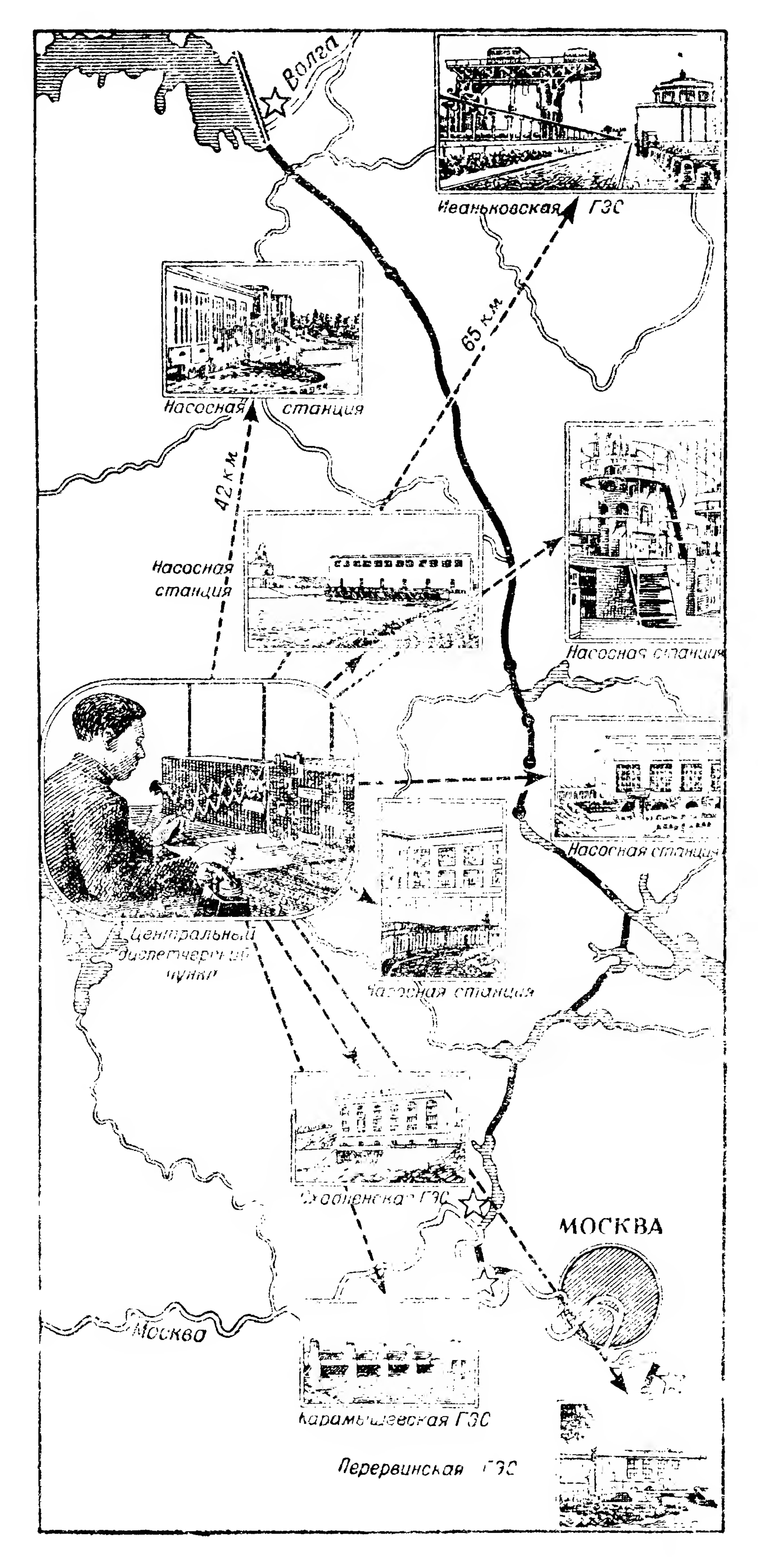


Рис. 1. Схема автоматического управления гидроэлектрическими и насосными станциями канала имени Москвы.

Диспетчер находится в Москве. Посредством аппаратуры телемеханического управления он переводит стрелки на нужные пути, включает или выключает входные и выходные светофоры...

На панели пульта управления изображена светящаяся схема железнодорожных путей всего участка. По этой «живой» схеме видно, как двигаются поезда. Над рукоятками пульта управления установлены контрольные лампочки, которые сигнализируют диспетчеру о положении стрелок и светофоров.

Поворотом рукояток можно регулировать движение: открыть путь одним поездам, сократить время стоянки других поездов и т. д.

Как дирижёр большого, прекрасно сыгранного оркестра, диспетчер управляет движением на всём участке пути.

Машинисту паровоза также помогает автоматика. Например, в туман или пургу, когда плохо видны сигналы светофоров, на помощь машинисту приходит так называемая кэбсигнализация. Миниатюрный светофор в кабине паровоза повторяет все сигналы светофоров, установленных на железнодорожных путях.

Если даже машинист почему-либо не заметит предупреждающего кэбсигнала (жёлтый свет), то особый прибор автоматически снизит скорость поезда, а при красном сигнале даст экстренное торможение.

Управление на расстоянии стрелками и световыми сигналами из одного пункта значительно сокращает численность обслуживающего персонала на станциях и разъездах. Пропускная способность дороги увеличивается: ведь автоматические приборы работают с большой точностью, поэтому поезда могут ходить быстрее.

На каких же принципах основана техника управления на расстоянии?

Какие приборы и аппараты позволяют диспетчеру управлять на расстоянии электростанциями или движением поездов? Каким образом осуществляется управление на расстоянии движущимися машинами, автомобилями, кораблями, самолётами?

Ответ читатель найдёт в этой книжке. Здесь кратко описаны некоторые простейшие способы управления на расстоянии неподвижными и движущимися автоматическими устройствами и механизмами.

МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Электротехника открыла перед человечеством большие возможности в управлении на расстоянии.

Возьмём самый простой пример из нашей повседневной жизни. Вы подходите к стене и поворачиваете выключатель, — электрическая лампочка, соединённая с сетью проводами, ярко вспыхивает.

Раньше, когда вместо электричества пользовались керосиновыми лампами, нужно было обязательно подойти к лампе, снять с горелки стекло и зажечь фитиль. Электрическую лампочку можно включить или выключить на расстоянии, непосредственно к ней не прикасаясь. Поворачивая выключатель, вы открываете доступ к лампочке электрической энергии, которая и выполняет необходимую работу.

Этот простейший вид управления на расстоянии, когда по проводам передаётся весь ток, необходимый для питания электрических лампочек, называется местным управлением.

При местном управлении мы воздействуем непосредственно на исполнительный механизм — выключатель, замыкая им нужную электрическую цепь.

На расстоянии можно не только включать и выключать электрические лампочки, но также пускать в ход или останавливать электродвигатели и другие устройства, которые приводятся в действие электричеством.

Электродвигатели мощностью всего лишь в несколько сотен ватт могут включаться от обычной штепсельной розетки, как электрический утюг или электроплитка.

Электродвигатели несколько большей мощности включают в сеть посредством рубильников. Ещё более мощные двигатели приводят в действие с помощью автоматических выключателей-контакторов и магнитных пускателей.

На расстоянии нескольких десятков метров местное управление вполне приемлемо. Но чем дальше от выключателей или рубильников находятся потребители тока (лампочки, двигатели и т. д.), чем длиннее соединительные провода, тем больше в них будет теряться энергии на преодоление сопротивления прохождению электрического тока.

По «дороге» от выключателя до потребителя некоторая часть электроэнергии превратится в бесполезное тепло и рассеется в окружающем пространстве.

Потеря энергии зависит также и от толщины проводов: чем тоньше провод, тем больше потери.

Но если это так, то, казалось бы, для управления на больших расстояниях можно применять более толстые провода, электрическое сопротивление которых сравнительно невелико. Однако на провода большого поперечного сечения расходуется много меди, и поэтому применение их невыгодно.

Как же тогда осуществить управление механизмами на больших расстояниях без значительных потерь электроэнергии?

Можно уменьшить силу тока в проводах.

Чем слабее будет ток, проходящий по проводам, тем меньше потери энергии.

Выдающийся учёный — физик профессор Петербургского университета Э. Х. Ленц опытным путём доказал, что превращение электрической энергии в тепловую пропорционально квадрату силы тока. Отсюда следует, что при увеличении силы тока, например, вдвое потери энергии увеличиваются уже не в два, а в четыре раза, при увеличении втрое — в девять раз и т. д.

Значит, если понизить силу тока в проводах, скажем, в десять раз, то потери энергии уменьшатся в сто раз!

Чтобы уменьшить силу тока, применяют приборы, известные в технике под названием реле.

Сами реле потребляют небольшой ток, но способны включать электрическую цепь, по которой проходит ток значительно большей силы.

Поэтому, если по проводам пропустить только тот ток, который приводит в действие реле, а оно замкнёт главную рабочую цепь тока на месте его потребления, то потери будут сравнительно небольшие.

Существуют необычайно чувствительные реле, которые потребляют ток всего лишь в несколько тысячных долей ампера.

Насколько мал этот ток, можно судить хотя бы по тому, что для питания электрической лампочки карманного фонарика требуется ток в сто раз большей силы.

РЕЛЕ

Реле — один из самых интересных и важных приборов, используемых в технике управления на расстоянии. Оно является «сердцем» всех автоматических и телемеханических устройств.

На железной дороге реле включает и гасит сигнальные огни и приводит в действие приборы, которые обеспечивают бесперебойное и безопасное движение поездов. Реле автоматически останавливает мчащиеся поезда, когда машинист не замечает опасности и проезжает красные сигналы.

На автоматических телефонных станциях реле соединяют телефонные аппараты друг с другом.

На линиях электропередач, которыми с каждым годом всё гуще покрывается территория Советского Союза, реле предупреждает аварии, которые могут произойти в результате удара молнии, обрыва проводов и других повреждений.

Все современные системы управления на расстоянии снабжены реле самых разнообразных конструкций.

Особенно широкое применение находят электромагнитные реле.

Электромагнитое реле устроено очень просто.

На небольшой железный стержень — сердечник (рис. 2) — надета катушка, обмотанная изолированным проводом. Это — электромагнит. К электромагниту прикреплён на шарнире небольшой кусочек мягкого железа — якорь, который при своём движении замыкает контактные пластинки.

Концы контактных пластин соединены с внешней (исполнительной) электрической цепью проводами. Если в обмотку реле включить ток, то сердечник намагнитится и притянет к себе якорь. Якорь надавит на контактные пластины и соединит (замкнёт) их друг с другом. Если ток из обмотки реле выключить, сердечник размагнитится, а якорь вернётся на старое место, — его оттянет назад маленькая пружинка. Контактные пластинки при этом снова разомкнутся.

Один из типов электромагнитных реле, который часто встречается в схемах автоматических и телемеханических устройств, — телефонное реле (рис. 2, внизу, слева).

Эти миниатюрные, необычайно чувствительные приборчики сотнями тысяч неутомимо работают на автоматических телефонных станциях и подстанциях. Без них не обходится ни одна операция по вызову абонента, соединению и отбою.

Когда вы снимаете с рычага телефонного аппарата трубку и набираете номер, в действие приходит около десятка таких реле. Одни из них управляют искателями — приборами, отыскивающими линию абонента, другие пробуют, не занята ли эта линия, третьи включают гу-

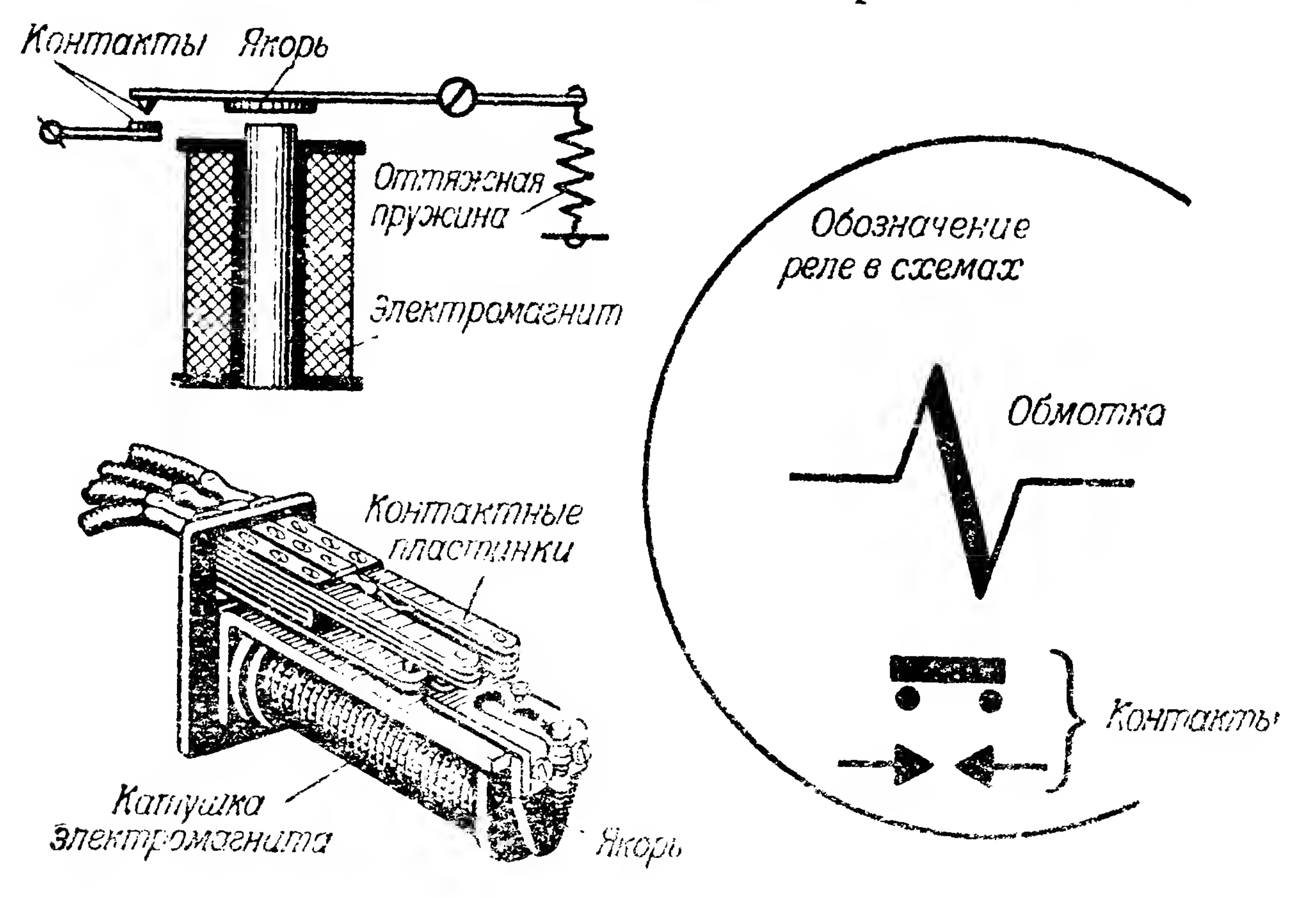


Рис. 2. Внешний вид (внизу) и схема (вверху) электромагнитного реле.

док, который сообщает абоненту, что можно набирать номер, и т. д.

В устройствах, которые разработаны советскими инженерами для управления на расстоянии мощными энергетическими системами, также применяются реле типа телефонных (см. стр. 37).

Телефонные реле работают безотказно. Они срабатывают до 10 миллионов раз без всякого ремонта.

Другой не менее интересный тип реле — так называемые кодовые реле.

Чаще всего их используют для управления на расстоянии в железнодорожном транспорте.

Кодовые реле должны надёжно работать в самых неблагоприятных условиях. Если телефонные реле устанавли-

ваются в тёплых, сухих помещениях, то кодовые зачастую работают вблизи полотна железной дороги, подвергаясь сильным сотрясениям от проходящих поездов и температурным изменениям (мороз — зимой, жара — летом).

Кодовое реле устроено так, что держит свой якорь притянутым даже при самой сильной тряске, при самых неблагоприятных температурных условиях.

Телефонные и кодовые реле изготовляют с различным числом контактных пластин. Контакты бывают замыкающие, размыкающие и переключающие. Иногда на одно реле ставят и те и другие контакты.

Оба эти типа реле позволяют производить переключения электрических цепей в самых различных комбинациях.

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Как мы уже говорили, реле срабатывает от сравнительно слабого тока, но своими контактами может включать электрическую цепь, по которой проходит ток значительно большей силы.

Таким образом, реле выполняет вспомогательную роль, являясь промежуточным звеном между цепью слабого тока и исполнительной (внешней) цепью значительно большей мощности.

При этом кнопка, включающая реле, может находиться на расстоянии нескольких сот метров от реле и включаемого им исполнительного механизма *).

Такое управление на расстоянии называется дистанционным (от слова «дистанция» — расстояние). При дистанционном управлении от кнопки по проводам (линия управления) идёт ток, необходимый лишь для питания обмотки реле.

Потери в проводах при этом небольшие.

Однако при помощи слаботочных (телефонных и кодовых) реле можно непосредственно управлять только теми исполнительными механизмами, мощность которых не превышает нескольких десятков ватт (небольшие электромагниты, сигнальные лампочки и т. д.).

*) Исполнительные механизмы — это осветительные приборы (прожекторы, лампочки), сирены, гудки, небольшие электродвигатели или электромагниты, воздействующие на различные рычаги, тяги, рукоятки рабочих органов машины и т. д.

Если же мощность исполнительных механизмов измеряется сотнями и тысячами ватт, то слаботочные реле не выдерживают такой большой нагрузки, контакты их могут обгореть от электрических искр и даже расплавиться. В этом случае между слаботочными реле и исполнительным механизмом, например электродвигателем, необходимо включать так называемое промежуточное реле — реле с усиленной контактной системой.

Эти реле предназначены для работы в цепях сильного тока и по конструкции значительно отличаются от слаботочных. Контактные пластины их изготовляются из пружинящей стали с большими плоскими контактами. Сами контакты делаются из вольфрама или других тугоплавких металлов и сплавов.

Сердечник и якорь сильноточного реле более массивны, а катушка намотана из довольно толстого провода.

К сильноточным реле относятся так называемые контакторы и магнитные пускатели.

Что же это за приборы и для чего они служат?

Дело в том, что пустить в ход более или менее мощный электродвигатель не так-то просто, как это может показаться с первого взгляда.

Когда электродвигатель включается непосредственно в сеть, в нём возникает ток очень большой силы (пусковой ток).

Сила пускового тока в некоторых электродвигателях в восемь — десять раз больше, чем сила тока, нужного для работы электродвигателя. Пусковой ток может легко сжечь обмотку двигателя, поэтому мощные электродвигатели всегда включают в сеть через особые приспособления — пусковые реостаты.

Пусковой реостат — это дополнительное сопротивление в цепи электродвигателя, он как бы смягчает резкий бросок тока при включении двигателя в сеть. Но вот двигатель тронулся с места, число оборотов его всё возрастает. При вращении двигателя развивается так называемая обратная электродвижущая сила, она противодействует напряжению сети, и ток в двигателе понижается. Теперь пусковой реостат уже не нужен и даже вреден, так как понапрасну «съедает» энергию. По мере того как двигатель увеличивает число оборотов, реостат начинают постепенно «выводить» из цепи, а когда двигатель разовьёт нормальную скорость, реостат совсем выключают.

Конечно, реостат можно выключить и вручную. Но тут легко ошибиться. Если реостат вывести слишком быстро, пока двигатель не успел ещё набрать нужного числа оборотов, обмотка двигателя перегреется, и её изоляция может быть повреждена. В лучшем случае — перегорят предохранители.

Если же ручку пускового реостата поворачивать слишком медленно — теряется драгоценное время, а ведь при пуске агрегата в ход дорога́ каждая секунда.

Для того чтобы работа двигателей не зависела от квалификации рабочего, применяют контакторы.

Когда пускают двигатель в ход посредством контакторов, достаточно нажать кнопку с надписью «пуск», и весь процесс включения будет производиться автоматически.

Для отключения двигателя применяется другая кнопка.

Магнитные пускатели — это те же контакторы, но усовершенствованные. Многие типы их не только включают и выключают электродвигатели, но могут давать им обратный ход (реверс). При перегрузке электродвигателя магнитный пускатель автоматически отключает его от сети. Пуск в ход, реверс и остановка электродвигателя, как мы говорили, производятся простым нажатием кнопок.

Допустим, что на расстоянии нам нужно управлять водонасосной станцией, на которой установлены четыре электродвигателя. Одни электродвигатели, например, открывают вентили трубопроводов, другие — качают воду. Схема включения получается довольно простая. От кнопок к четырём реле идут четыре провода и один общий обратный (рис. 3). Реле включают магнитные пускатели электродвигателей. Нажимаем кнопку *№ 1*, по линии *№ 1* посылается ток в реле *№ 1*. Реле срабатывает и своими контактами включает магнитный пускатель электродвигателя *№ 1*. Так же включаются остальные три электродвигателя водонасосной станции. Насосная станция заработала...

Если управление несколькими электродвигателями или осветительными приборами сосредоточено в одном месте — на пульте управления, — туда подводятся электрические провода от всех исполнительных механизмов.

Пользуясь пультом управления, дежурный (диспетчер), не сходя с места, на расстоянии, пускает в ход или останавливает тот или иной электродвигатель, включает или выключает освещение и т. д. Такие пульты управления

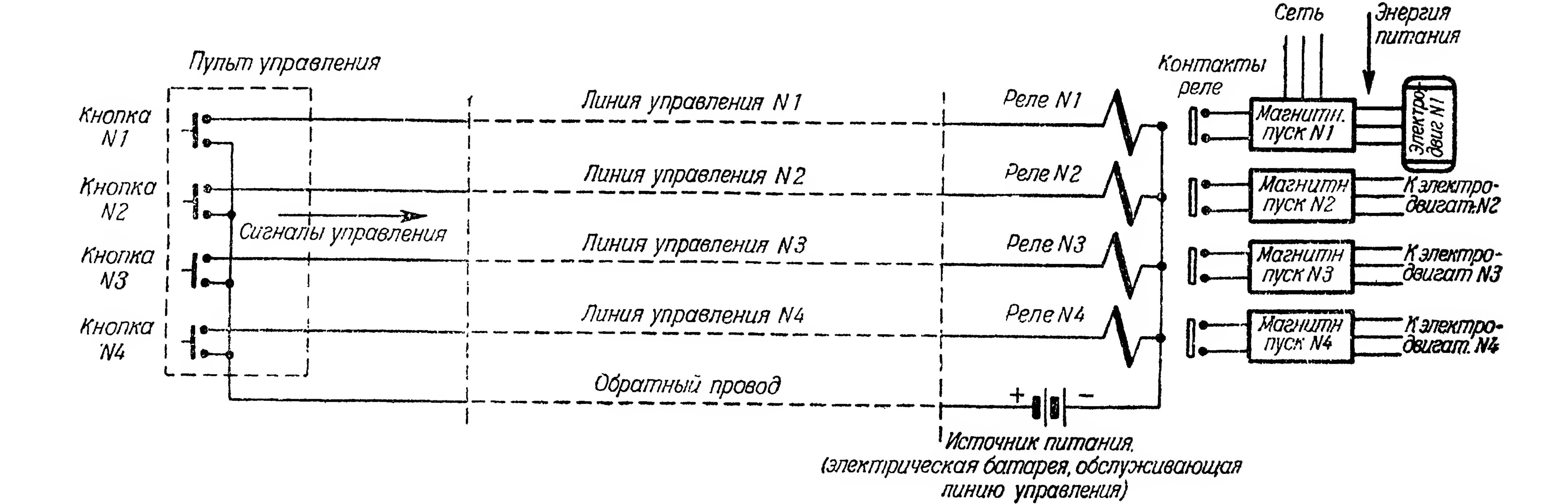


Рис. 3. Схема управления с помощью электромагнитных реле (показано только включение двигателя, управление же его отключением и реверсом не показано).

часто можно встретить в цехах заводов и фабрик, на электростанциях и на многих других предприятиях. В больших театрах управляет освещением сцены, поднятием и спуском занавеса также всего один человек с пульта управления.

НА ВЕЛИКИХ СТРОЙКАХ

Дистанционное управление широко применяется в гигантских машинах, работающих на великих стройках коммунизма — шагающих экскаваторах, электрических землесосных снарядах, передвижных заводах-автоматах для приготовления бетона и т. д.

Управление этими машинами ведётся из кабины машиниста.

Один из образцов новой советской техники — машина с тончайшей и точнейшей аппаратурой дистанционного управления — шагающий экскаватор ЭШ 14/65.

Шагающий экскаватор — это землекоп-гигант, равных которому нет во всём мире.

Он похож на огромный многоэтажный дом. К нему прикреплена длинная металлическая мачта — «стрела».

С конца стрелы на стальных, толщиной в руку, канатах свисает огромный стальной ковш.

Машинный зал экскаватора по внешнему виду напоминает зал электростанции, но середину его вместо генераторов занимают два огромных барабана, на которые навиты стальные тросы. Здесь же установлены и другие необходимые для работы экскаватора механизмы.

Их приводят в действие более сорока электродвигателей общей мощностью в семь тысяч киловатт.

Семь тысяч киловатт! Этой мощности хватило бы на целый районный город с многотысячным населением.

Каждый из механизмов советского электрического экскаватора имеет свой собственный электропривод. Механизмы передвижения, захвата, подъёма приводятся в движение специально предназначенными для этого электродвигателями.

Работу всех электродвигателей стального великана регулируют особые магнитные станции, состоящие из электромагнитных реле, контакторов и магнитных пускателей. Магнитная станция — это своего рода «электрический мозг» шагающего экскаватора. За какие-нибудь десятые

доли секунды одновременно срабатывают около тысячи чрезвычайно точных приборов и мгновенно переключают электрические цепи управления.

Схемы и аппаратура дистанционного управления шагающим экскаватором — результат напряжённого труда коллектива советских инженеров, лауреатов Сталинской премии В. С. Тулина, А. Г. Ефанова, Н. И. Борисенко и др.

Нигде во всём мире нет таких точных и надёжных в работе аппаратов дистанционного управления, как в советском шагающем экскаваторе ЭШ 14/65.

Но как ни совершенен «электрический мозг» шагающего экскаватора, он был бы мёртв без людей, которые им управляют.

Машинист экскаватора — это рабочий с высшим техническим образованием.

Чтобы умело управлять гигантской автоматической машиной, он должен хорошо знать её сложное устройство, разбираться во всех тонкостях дистанционного управления.

На великих стройках коммунизма претворяются в жизнь слова великого Сталина о ликвидации грани между умственным и физическим трудом.

Из машинного зала по крутому металлическому трапу можно подняться в кабину, из которой машинист управляет экскаватором. Нажимая то на одну, то на другую кнопку пульта управления и поворачивая рычаги, машинист управляет движениями ковша, поворотом стрелы и «ногами» экскаватора.

«Ноги» экскаватора — это огромные стальные цилиндры. Внутри цилиндров под давлением жидкости скользят массивные поршни. У «ног» экскаватора есть даже «ступни». Это — громадные полые балки.

Когда экскаватор работает, то всё его тысячетонное тело опирается на стальную плиту. Четыре ноги экскаватора в это время слегка приподняты над землёй. Машина работает как бы «сидя».

Для того чтобы экскаватор сделал один шаг, достаточно нажать маленькую кнопку, расположенную на пульте управления.

Тотчас же приходит в действие автоматическая аппаратура: поршнями огромных насосов все четыре «ноги» экскаватора вытягиваются вперёд, и ступни его опускаются вниз. Получив новую опору, машина с помощью тех же

насосов отрывает своё тысячетонное тело и подтягивает его к выдвинутым вперёд ступням. Затем корпус этого великана снова опускается на стальную плиту.

Теперь посмотрим, как работает стальной гигант.

Вот на пульте управления поворачивается рычаг. Мгновенно срабатывает автоматическая аппаратура, и стрела экскаватора нависает над глубоким обрывом. Нажим кнопки — и с конца стрелы, блестя отполированными землёй зубьями, стремительно опускается огромный ковш.

Когда ковш коснётся земли, другие тросы начинают тянуть его к экскаватору, и он быстро загребает грунт. С большой силой вгрызается ковш в плотный грунт, но вот он уже полон. Гигантские челюсти ковша смыкаются, и на тросах он подтягивается вверх к стреле. Потом и сама стрела быстро поднимается вверх, её конец, двигаясь со скоростью курьерского поезда, описывает большую дугу. Повернувшись в сторону, ковш раскрывается, и земля с грохотом сыплется вниз.

Экскаватор работает размеренно, плавно и без толчков. Не слышно ни грохота, ни скрежета его металлических частей. Он только гудит, как гигантский шмель.

Велика производительность этого стального исполина. Меньше чем за минуту экскаватор взрыхляет плотный грунт, забирает землю в ковш и относит в сторону. За восемь часов эта машина выкапывает участок канала, в котором мог бы уместиться корабль средних размеров.

Гигантскую автоматизированную машину, заменяющую труд около десяти тысяч землекопов, «вооружённых» лопатами и тачками, обслуживают всего лишь пять человек!

Советские люди своим стахановским трудом во много раз увеличивают производительность машины. Когда, например, шагающий экскаватор привезли на канал Волго-Дон, была установлена норма — 250 ковшей земли за смену. Но, изучив все возможности этой превосходной машины, стахановцы стали давать сначала 300, потом 500, а некоторые даже 600 ковшей грунта за смену.

Таким образом, производительность могучей машины возросла больше чем вдвое.

Широкое применение на строительстве каналов находят и многоковшовые экскаваторы.

Вот, например, экскаватор ЭМ-301. Его работа также целиком автоматизирована.

По сравнению с шагающим великаном многоковшовый экскаватор кажется совсем небольшим. Но так только кажется. На самом деле эта изящная, почти ажурная машина обладает огромной силой и в работе неутомима. Она одна заменяет труд более тысячи землекопов.

Но не только в этом достоинство многоковшового экскаватора. Он работает с необычайной точностью. Ни один землекоп не может так аккуратно срезать землю, как это делает автоматический многоковшовый экскаватор ЭМ-301.

Управляемый опытными руками советских людей, он как бы переносит на землю линии чертежа, на котором выведена трасса будущего канала.

Приборы дистанционного управления экскаватором работают безукоризненно, и управлять машиной предельно просто.

Небольшой, едва заметный поворот миниатюрного рычажка на пульте управления — и машина заработала. Нажим одной кнопки — и экскаватор пошёл прямо, другой — тотчас же остановился.

Как мы уже говорили, дистанционное управление не требует от машиниста почти никаких физических усилий.

Сложные электроавтоматические приборы позволяют экскаватору чутко реагировать на все изменения нагрузки.

Третья чрезвычайно интересная автоматическая машина, работающая на великих стройках коммунизма, — плавучий электрический землесосный снаряд, или земснаряд. Это сооружение напоминает по внешнему виду большой корабль.

Посредством специальной фрезы, которую вращает мощный электродвигатель, земснаряд разрыхляет лёгкие сыпучие грунты, а затем автоматически смешивает их с водой. Мощные центробежные насосы всасывают полученную смесь — пульпу — и гонят её сначала по напорному трубопроводу, а потом по большим металлическим трубам, уложенным на понтоны.

Эти плавающие трубы — пульпоповоды — доставляют смесь грунта с водой на место намыва плотины. Пройдя по трубам несколько километров, пульпа выливается через ряды отверстий наружу. Здесь грунт отделяется от воды. Вода поступает в так называемые сбросные колодцы, а грунт — песок и глина — плотно ложатся в тело плотины.

Намывные плотины, построенные с помощью гидромеханизмов, — самые дешёвые и прочные из всех земляных плотин.

Советский электрический земснаряд — машина огромной производительности. Она заменяет собой 35 тысяч землекопов, «вооружённых» лопатами, и 15 тысяч лошадей, необходимых для перевозки грунта.

Земснаряд обслуживают всего лишь 10—12 человек.

Гигантский механизм земснаряда приводится в действие электродвигателями мощностью в 7 тысяч лошадиных сил. Управление этой машиной полностью автоматизировано. На командном пункте установлен пульт дистанционного управления. Нажимая различные кнопки и поворачивая рычажки, машинист посылает в исполнительную цепь электрические импульсы, которые приводят в действие автоматическую аппаратуру и приборы, включающие механизмы земснаряда.

Только в нашей стране, идущей вперёд по пути технического прогресса, возможно создание таких гигантских землесосных снарядов.

Но дело не только в машинах. Машинами управляют люди. От советских людей зависит, как использовать ту могучую технику, которую доверила им страна. И стахановцы, работающие на великих стройках, чтобы сократить сроки строительства, перекрывают технические мощности новых машин-гигантов.

Так на строительстве Волго-Донского канала при проектной мощности землесосного снаряда в 8100 кубометров грунта советские люди намывают по 25 тысяч кубометров земли в сутки!..

Более десятка миллионов кубических метров бетона должно быть уложено на великих стройках коммунизма. Такое огромное количество бетона в короткий срок могут изготовить только мощные бетонные заводы-автоматы.

Советской промышленностью уже созданы такие заводы. Это — целиком автоматизированные сборно-разборные бетонные заводы, превращающие щебень, песок и цемент в прочный водонепроницаемый бетон. Высота их равна восьмиэтажному дому. При помощи непрерывно движущихся наклонных транспортёров на завод подаётся щебень, песок, а по особым трубам — цемент и тёплая вода.

Через поворотную воронку составные части бетона поступают в разные отделения огромного ящика-бункера.

Вода, подогретая до температуры в 60 градусов, идёт в баки, установленные рядом с бункером. Затем все эти материалы поступают в автоматические весовые дозаторы. Точно и аккуратно отвешивают дозаторы определённые порции составных частей бетона и ссыпают их в приёмную воронку для сухой смеси (шихты).

Работа всех сложных механизмов гигантского бетонного завода-автомата всецело подчинена приборам дистанционного управления. Так, например, шихта для бетона приготовляется совершенно автоматически. Чтобы составить эту сухую смесь, человеку, наблюдающему за работой чудесного завода-автомата, достаточно нажать лишь кнопку на пульте управления. Приготовленная шихта опять-таки автоматически высыпается в четыре бетономешалки. Туда же автоматически подаётся и вода.

Мощные моторы приводят бетономешалки в движение, — и через три минуты бетон готов.

Готовый бетон с помощью особого пневматического устройства немедленно выгружается в приёмный бункер. Но и здесь он не задерживается ни минуты. Два мощных транспортёра подают бетон в другие сборные бункеры, откуда он автоматически поступает в огромные бадьи, установленные на железнодорожных платформах.

Платформу за платформой подаёт паровоз под сборные бункеры, нескончаемым потоком льётся в бадьи жидкий, ещё горячий бетон. Чтобы изготовить такое количество бетона вручную, понадобилось бы 1500 человек.

Благодаря аппаратуре дистанционного управления бетонный завод-автомат обслуживают всего лишь десять рабочих.

Бетонный завод-автомат можно быстро разобрать и перевести в любое место. Там завод снова собирают, и он начинает работать, давая по двадцать и более железнодорожных вагонов бетона в час.

ПАУТИНА ПРОВОДОВ

Как видно из рисунка 3 (стр. 15), для включения четырёх двигателей при дистанционном управлении необходимо не менее четырёх реле и пяти проводов. Чтобы отключить двигатели от сети и дать им обратный ход — реверс,— потребуется ещё восемь реле и столько же соединительных проводов линии управления. Если же на

пульт управления передавать ещё и обратный сигнал, сообщающий о том, как работают механизмы, то проводов потребуется ещё больше.

Система дистанционного управления по своему принципу — многопроводная. Для включения и отключения каждого исполнительного механизма посредством магнитных пускателей нужно, по крайней мере, три провода, проведённых от кнопок: «вперёд», «стоп» и «назад», не считая общих проводов питания и проводов сигнализации.

Чем больше механизмов на управляемом объекте, тем больше требуется реле и соединительных проводов. Если, например, на насосной станции установлено не четыре (как было показано на рис. 3), а скажем, шестнадцать электродвигателей, то нужно шестнадцать реле и семнадцать проводов линии управления только для того, чтобы пустить двигатели в ход, не говоря уже о реверсе и отключении их от сети. Обмотки этих реле потребляют ток небольшой силы, поэтому провода линии управления могут быть такими же тонкими, как и на коротких расстояниях.

Сечение проводов нам удалось уменьшить. На первый взгляд задача управления на большом расстоянии как будто бы разрешена. Но на самом деле это не так: слишком уж много понадобится проводов для передачи команд большому числу исполнительных механизмов.

Правда, на многих телеуправляемых объектах установлены автоматические устройства, которые связаны (сблокированы) между собой. Достаточно только одной стартовой команды, пускающей в ход объект, — и эти устройства будут последовательно включать и выключать друг друга.

Так например, диспетчер канала имени Москвы нажимом одной только кнопки пускает в ход все насосные станции, нагнетающие воду в шлюзы.

Вот передана команда «пуск» — начинает работать двигатель первой насосной станции, он приводит в действие аппараты, которые смазывают маслом подшипники пропеллерных насосов. Затем автоматически включаются гигантские электродвигатели, вращающие колёса насосов. Когда скорость вращения достигает двухсот четырнадцати оборотов в минуту, особый механизм, опять-таки автоматически, ставит лопасти колеса в рабочее положение.

Вращаясь, колёса гонят воду вверх по трубе, закрытой

гигантским металлическим щитом. Как только давление воды на щит достигнет определённой величины, щит автоматически поднимется.

Через минуту после того, как начала работать первая насосная станция, автоматически приводится в действие вторая, а ещё через минуту — третья и т. д.

Как мы уже говорили, все эти действия происходят последовательно после нажатия пальцем всего лишь одной кнопки на пульте управления.

Однако существуют и такие объекты, которые требуют непрерывного вмешательства диспетчера. В этом случае приходится передавать не одну команду, как это было показано на примере насосной станции, а несколько.

Так, например, масляные выключатели, установленные на электрической станции, работают каждый самостоятельно и требуют раздельного управления. Самолёту, которым управляют по радио, также приходится передавать не одну команду, а несколько: взлёт, повороты влево и вправо, подъём и спуск, пикирование, автоматическая посадка и т. д. Однако об управлении по радио мы поговорим позднее (см. стр. 47), а пока вернёмся к передаче команд по проводам.

Итак, для передачи команды на каждое реле, включающее тот или иной механизм, требуется по проводу и один общий (обратный) провод для всех реле.

При управлении отдалёнными объектами приходится тянуть на большое расстояние слишком много проводов.

Это очень невыгодно, и поэтому многопроводные системы дистанционного управления применяются на расстоянии не свыше 200—300 метров.

КОНТАКТНАЯ ПИРАМИДА

С помощью реле, как мы видели, нам удалось уменьшить толщину проводов линии управления. Но нельзя ли уменьшить также их число? Нельзя ли по одному проводу управлять не одним реле, а хотя бы двумя или тремя, по нашему выбору?

Сокращения числа проводов можно достигнуть различными способами.

Очень простой способ уменьшить число проводов линии управления состоит в особом включении контактов реле пирамидой.

Посмотрите на схему (рис. 4) сверху вниз. Вы увидите, что каждое последующее реле имеет вдвое больше контактов, чем предыдущее.

Первое реле имеет один переключающий контакт, второе — два, третье — четыре, а четвёртое — восемь контактов.

Левая часть схемы действительно получается похожей на пирамиду, почему такое включение контактов реле и называют включением пирамидой.

При включении пирамидой число реле и соединительных проводов сокращается в четыре раза, т. е. с помощью четырёх реле и пяти проводов можно управлять уже не четырьмя, а шестнадцатью электродвигателями.

Посмотрим, как работает эта схема. Когда все реле обесточены, т. е. ток по их обмоткам не проходит, контактные пластинки реле находятся в крайнем левом положении, на левых контактах.

При этом замкнута только одна исполнительная цепь (на рисунке показана жирной линией), все остальные электрические цепи разомкнуты.

Нажимая кнопку *1* на пульте управления (рис. 4, справа), включаем реле *1*. Якорь реле притянется к сердечнику и переключит свою контактную пластинку с контакта *a* на контакт *p*. Контакты реле *2*, *3* и *4* останутся при этом в прежнем (левом) положении. Предыдущая цепь тока нарушится и образуется новая. По рисунку (см. пунктир) легко проследить за этой цепью. Это — цепь *9*. Если же вместо кнопки *1* мы нажмём кнопку *2*, т. е. включим реле *2*, то в этом случае сработает исполнительный механизм *5*.

Теперь попробуем включить сразу два реле, например *1* и *2*, при этом в правое положение перебросятся контактные пластины реле *1* и *2*. В результате ток будет проходить по исполнительной цепи *13*. Остальные цепи останутся попрежнему обесточенными.

Если вы возьмёте не четыре, а пять реле, то по пяти проводам сможете передать уже не шестнадцать, а целых тридцать две команды. Количество передаваемых команд при этой схеме всегда будет равно двойке, возведённой в степень, показатель которой равен количеству реле, включённых в схему. Например: при одном реле количество команд, которое можно передать на расстояние: $2^1 = 2$, при двух — $2^2 = 4$, при четырёх — $2^4 = 16$,

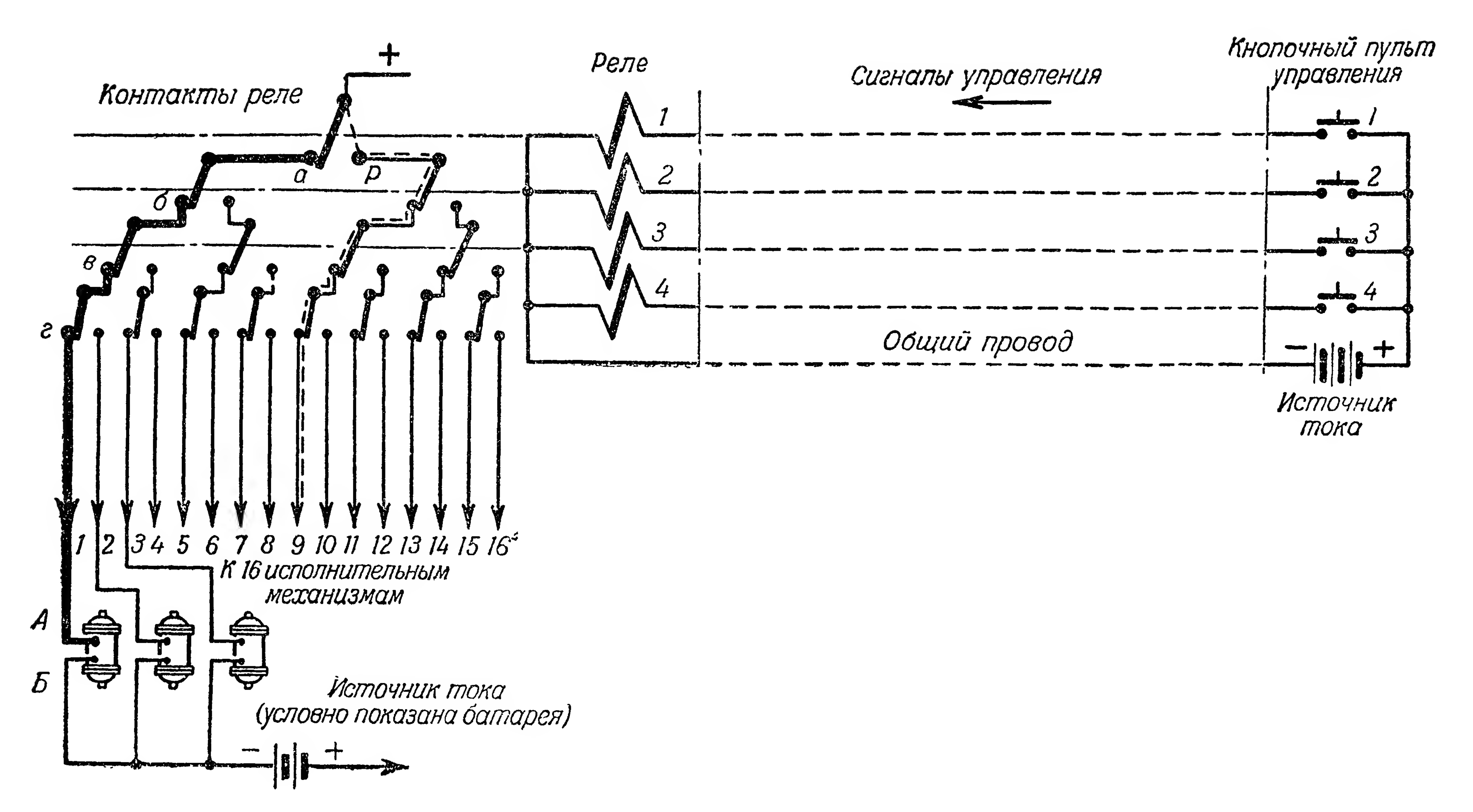


Рис. 4. Дуальная схема телеуправления. Позволяет при 16 командах сократить число проводов до 5.

при пяти — $2^5 = 32$ и т. д. Поэтому такая схема управления на расстоянии называется также дуальной схемой.

Посредством дуальной схемы осуществляется уже не простое дистанционное управление, а телеуправление *). Это — многопроводная или, иначе говоря, многоканальная система дальнего действия.

Недостаток дуальной схемы — большое число последовательно соединённых контактов реле. Достаточно одному из них разрегулироваться, окислиться или загрязниться, и питание исполнительной цепи сразу же нарушится. В серьёзных, особо ответственных случаях управления это может привести к аварии.

Поэтому дуальные схемы управления применяют только там, где случайное неверное включение цепи не особенно опасно. Как мы уже говорили, по сравнению с обыкновенным дистанционным управлением (см. рис. 3) включение контактов реле пирамидой значительно сокращает число соединительных проводов.

Это имеет важное значение при управлении на больших расстояниях.

Но нельзя ли ещё более сократить число проводов?

Хорошо бы, скажем, обойтись всего двумя проводами для передачи большого количества команд!

Современная советская техника управления на расстоянии успешно разрешила и эту задачу. Более того, как мы увидим дальше, она позволяет обойтись совсем без проводов и передавать команды по радио или посредством акустических и световых сигналов.

ШАГ ЗА ШАГОМ

Многопроводные системы телеуправления применяются на расстояниях не свыше 2,5 километра, да и то в том случае, если количество управляемых объектов не превышает 10—20. Для управления на бо̀льших расстояниях эти системы непригодны.

Вместе с тем нередко требуется передавать команды на дальнее расстояние. Возможность управлять на

---

*) Слово «теле» в переводе с греческого означает расстояние, дальность. Отсюда телеуправление — управление на расстоянии, телесигнализация — передача сигналов на расстояние и т. д. Телемеханика — более общее понятие и включает в себя управление, сигнализацию, регулирование и измерение на расстоянии.

расстоянии свыше 2,5 километра при большом числе управляемых объектов особенно важна в электроэнергетике.

Электростанции часто расположены далеко друг от друга, и для их централизованного управления необходимы малопроводные системы.

Как же осуществить передачу на расстояние большого количества команд, пользуясь только двумя соединительными проводами?

Для этого на приёмном конце линии управления можно установить механизм, который автоматически выбирал бы нужную цепь исполнения, в зависимости, например, от числа электрических импульсов, т. е. кратковременных посылок тока, переданных по проводам.

Такой прибор называется избирателем команд управления. Получив определённую команду, он находит нужную электрическую цепь и включает в неё ток.

На передающем конце линии управления в этом случае находится устройство, которое при нажатии кнопок на пульте управления посылает команды, состоящие из различного числа электрических импульсов.

Одна команда, например, «включить электродвигатель № 1», передаётся одним электрическим импульсом, другая — двумя, третья — тремя импульсами и т. д.

Избиратели команд управления бывают самых различных типов и систем. Например, на автоматических телефонных станциях применяется несложный избиратель команд — шаговый искатель. Именно благодаря искателям мы и обходимся на АТС без телефонисток. Набирая тот или иной номер, мы посылаем в линию электрические импульсы, которые воздействуют на шаговые искатели.

Существует много различных типов искателей, приводимых в движение либо электромагнитами, либо электродвигателями. И все они являются неотъемлемой частью оборудования АТС.

Простейшие искатели автоматической телефонной станции называются предъискателями. Схема их устройства такова. Небольшой электромагнит притягивает якорь (рис. 5), когда по катушке его проходит ток. На якоре укреплена изогнутая пластинка — собачка. Собачка заходит своим концом в одну из впадин зубчатого колёсика. Это колёсико с косыми зубьями — храповик — укреплено

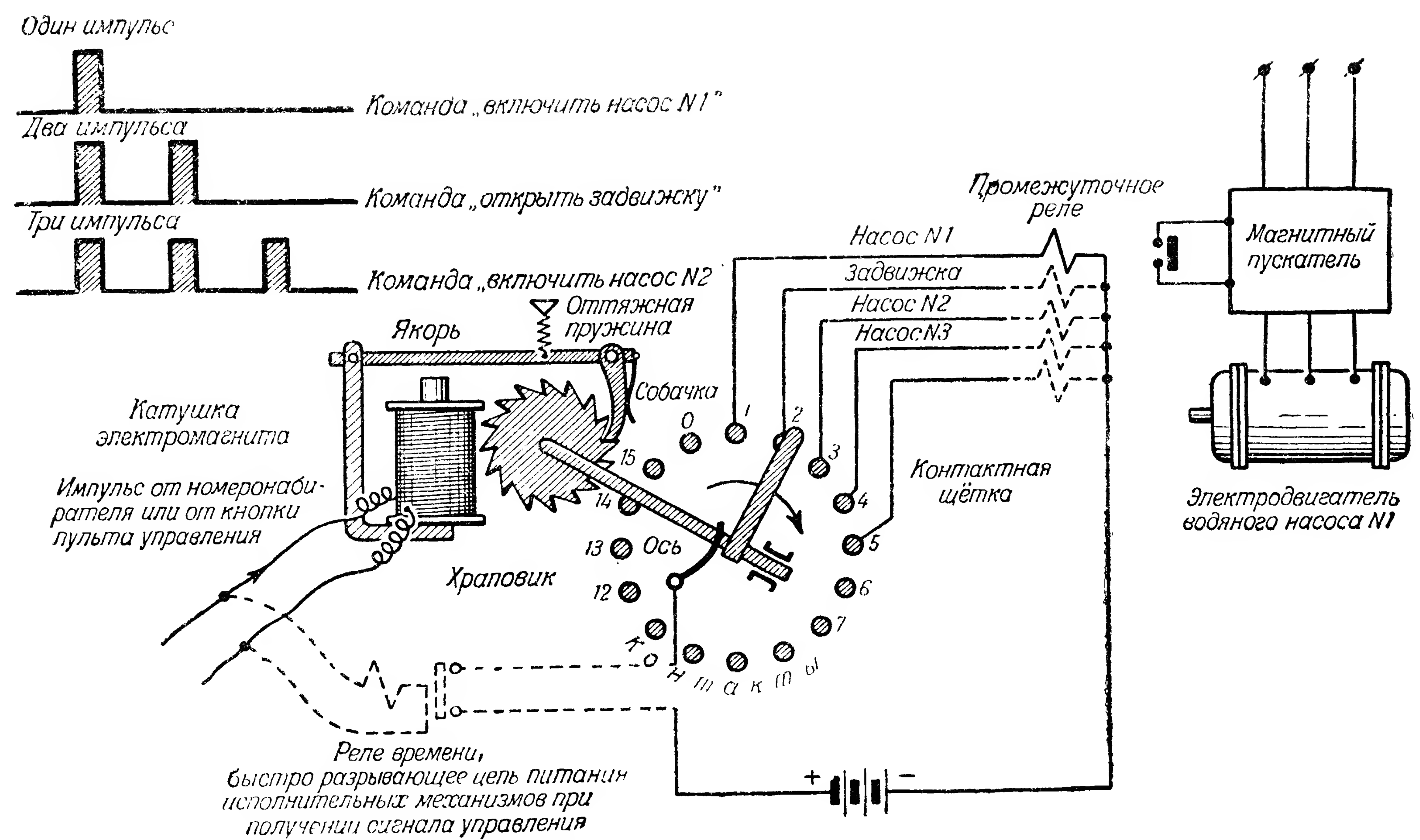


Рис. 5. Схема шагового искателя. Пунктиром показано реле времени, разрывающее цепь питания промежуточных реле при передаче команд управления.

на тонкой стальной оси. На этой же оси сидят пружинящие металлические пластинки — щёточки, которые осуществляют электрический контакт.

Вот в катушку электромагнита включили ток. Железный сердечник намагнитился, притянул якорь, а вместе с ним и собачку.

Собачка нажимает при этом на зуб храпового колеса; от её нажима храповик тотчас же поворачивается на один зубец.

Вместе с храповиком повернулись и контактные щёточки, замкнувшие электрическую цепь. Произошло переключение: щётка с одного контакта передвинулась на другой, т. е. сделала один «шаг» по контактному полю *). Отсюда и происходит название шаговый искатель.

Если с первым контактом, на котором щётка была раньше, соединялась одна телефонная линия, то со вторым контактом уже соединяется другая. Но вот импульс тока закончился, и электромагнит перестал притягивать якорь. Под действием пружинки якорь возвращается на старое место и тянет за собой собачку, которая, скользнув по зубцу храповика, своим концом западает в соседнюю впадину. Так, при каждом включении тока в электромагнит искателя якорь притягивается и щёточка переходит на следующий контакт.

Различное число импульсов тока создаётся посредством командного прибора — номеронабирателя и соответствует тому номеру телефона, который набирает абонент.

Процесс соединения телефонных абонентов на городских АТС довольно сложен. На больших автоматических телефонных станциях кроме предъискателей установлено много других «умных» приборов.

Один из них — двухмагнитный искатель. Его контактные щётки совершают не одно движение (как в предъискателях), а несколько. При наборе одной цифры щётки поднимаются вверх, отыскивая нужный ряд контактов. Набор второй цифры заставляет их передвигаться по контактам и останавливаться именно на том из них, с которым соединена нужная телефонная линия.

---

*) На рисунке 5 для ясности показано только одно контактное поле (один ряд контактов). На самом деле в предъискателях АТС их четыре. Соответственно этому и контактных щёток также четыре.

Когда абонент вешает трубку на рычаг, щётки искателя автоматически опускаются вниз, т. е. принимают исходное положение.

Искатели АТС могут быть использованы не только для соединения одних телефонных линий с другими, но и для управления на расстоянии различными механизмами.

Допустим, что нам необходимо управлять на расстоянии водонасосной станцией.

При одном импульсе тока щёточка шагового искателя передвинется с нулевого контакта на первый и через промежуточное реле включит первую исполнительную цепь, например магнитный пускатель электродвигателя, приводящего в действие водяной насос (см. рис. 5).

При двух импульсах, следующих друг за другом, щёточка перейдёт с первого контакта на второй и включит электрический механизм, открывающий задвижку (вентиль) трубопровода водомагистрали, при трёх импульсах начнёт работать электродвигатель второго водяного насоса и т. д.

Обойдя последовательно друг за другом все электрические контакты, щёточка снова вернётся на нулевой контакт.

Таким образом, применяя шаговый искатель, соединённый с пультом управления всего лишь двумя проводами, мы можем включать исполнительные цепи по очереди, одну за другой.

Схема управления с шаговым искателем, изображённая на рисунке 5, конечно, более совершенная, чем схема включения контактов реле пирамидой, в которой каждое реле требует для своей работы минимум одного провода.

Однако и эта схема также не даёт возможности включать любую электрическую цепь по выбору.

Предположим, что нам нужно пустить в ход только второй насос, а задвижку трубопровода водомагистрали открывать не надо. Как это видно из схемы рисунка 5, электродвигатель второго водяного насоса через промежуточные реле и магнитный пускатель соединён с третьим контактом искателя. Вращая диск номеронабирателя или нажав три раза на кнопку пульта управления, посылаем в линию три импульса.

При первом импульсе тока щёточка искателя перейдёт на контакт, соединённый с электродвигателем первого

насоса, при втором импульсе — на контакт, соединённый с электрическим механизмом задвижки, открывающей трубопровод. Включив на мгновение (если импульсы управления передавать достаточно быстро) эти устройства, щёточка перейдёт затем на третий контакт и замкнёт нужную нам исполнительную цепь.

Как же избежать включения ненужных нам в данный момент исполнительных цепей?

Очевидно, нужен ещё какой-то автоматический прибор, который при передаче команды будет разрывать цепь питания исполнительных механизмов и замкнёт её лишь тогда, когда щёточка остановится на выбранном контакте. Одним из таких приборов является реле времени (на рисунке 5 реле времени и его контакты изображены пунктиром).

Этот прибор позволяет искателю совершенно безошибочно выбирать нужную исполнительную цепь в зависимости от числа переданных импульсов.

При получении команды реле времени срабатывает одновременно с искателем (так как оно включено параллельно с ним) и разрывает цепь питания промежуточных реле (или непосредственно самих исполнительных механизмов), а через некоторое время после прекращения команды снова её включает.

Обычное реле после выключения тока из катушки быстро замыкает и размыкает контакты.

Реле времени работает иначе.

Оно хотя и быстро срабатывает от каждого импульса, но очень медленно (с выдержкой времени) отпускает свой якорь. Когда якорь возвратится в прежнее положение, он замкнёт контакты, включающие цепь питания. Поэтому щёточка во время передачи командных импульсов хотя и скользит по контактам, но цепи исполнительных механизмов остаются разомкнутыми, пока щёточка не дойдёт до нужного контакта и не остановится на нём.

Предположим, что мы даём три импульса, троекратно нажимая на кнопку пульта управления. При этом три раза включается ток в электромагнит искателя, и три раза под действием этого тока электромагнит притягивает свой якорь. Но при каждом импульсе реле времени быстро разрывает цепь питания исполнительных механизмов и замыкает её лишь тогда, когда щётка остановится

на третьем контакте. Если мы передадим два импульса, реле времени включит исполнительные механизмы только после передачи второго импульса, т. е. на втором контакте, и у нас заработает электрический механизм, открывающий трубопровод.

Теперь попробуем быстро, один за другим, передать все шестнадцать импульсов, по числу зубцов храповика. Щёточка сделает полный оборот: обойдя по очереди все электрические контакты, снова встанет на нуль. Ни одна цепь при этом не будет замкнута, ни один исполнительный механизм не сработает. Пока передаются все шестнадцать импульсов, реле времени держит главную электрическую цепь питания разорванной.

Современная техника создала много типов реле, выдерживающих нужное время.

Некоторые типы реле времени имеют специальные тормозящие устройства, которые замедляют возвращение якоря в первоначальное положение после выключения тока из катушки.

Для замедления обратного хода якоря часто используют так называемые воздушные демпферы. Демпфер состоит из небольшого поршня, который может передвигаться внутри полого металлического цилиндра. Этот поршень прикреплён к якорю реле. Когда якорь притягивается к сердечнику, поршень свободно двигается вместе с ним, работая, как всасывающий воздушный насос. Через небольшое отверстие на дне цилиндра в него входит воздух.

Но вот импульс тока закончился, и якорь перестаёт притягиваться сердечником реле. Под действием тяжести поршня (или оттяжной пружины) якорь стремится занять прежнее положение. Но движение якоря тормозится воздухом, потому что при обратном ходе отверстие в дне цилиндра автоматически закрывается клапаном. Воздух при этом просачивается между стенками цилиндра и поршнем.

Такое реле может дать выдержку времени в пределах от десятых долей секунды до нескольких секунд, в зависимости от того, как его отрегулировать.

В других типах реле времени для замедления используются небольшие ветряки, напоминающие по внешнему виду лопасти вентилятора. Через систему зубчатых передач ветряк соединяется с якорем реле.

Когда якорь притягивается к сердечнику, то ветряк не вращается и не тормозит движения.

При обратном ходе якоря вступает в действие замедляющая передача, скорость вращения которой регулируется ветряком. Вращаясь, ветряк испытывает тормозящее усилие вследствие сопротивления воздуха и тем самым замедляет движение якоря реле.

Иногда в подобных реле для торможения используется сила трения. Так устроен, например, регулятор телефонного номеронабирателя.

Повернуть диск номеронабирателя вправо можно с любой скоростью, но обратно он пойдёт строго равномерно. Равномерная скорость при обратном ходе диска номеронабирателя достигается применением центробежного регулятора. Грузики регулятора при вращении трутся о внутреннюю поверхность металлической чашечки и таким образом тормозят движение номеронабирателя в обратную сторону.

Такую же систему торможения применяют иногда и в реле времени.

Описанный способ телеуправления с применением шагового искателя, как мы видим, основан на передаче различного числа импульсов. При этом каждой команде соответствует «своё», вполне определённое количество импульсов (рис. 5, вверху, слева). Этот способ позволяет всего лишь по двум проводам передать столько команд, сколько контактов имеет шаговый искатель.

В других случаях включение исполнительной цепи на приёмном устройстве определяется не числом переданных импульсов, а их характером (величиной, продолжительностью, паузой между двумя импульсами и т. д.).

При способе избирания, который называется время-импульсным, каждой команде соответствуют импульсы определённой продолжительности. Например, включение первого водяного насоса (в нашем предыдущем примере) происходит при передаче импульса продолжительностью в 0,05 секунды, открывание задвижки трубопровода — от импульса в 0,1 секунды, пуск в ход второго насоса — в 0,5 секунды и т. д. Разумеется, избиратель команд, который отзывается на различную продолжительность импульсов, устроен совершенно иначе, чем шаговый искатель.

Разновидностью этих двух способов управления на расстоянии является число-время-импульсный метод

избирания. Здесь также каждая команда состоит из нескольких импульсов. Но импульсы эти имеют разную продолжительность, как точки и тире при телеграфировании по азбуке Морзе. Каждой команде, передаваемой на расстоянии, соответствует определённая комбинация точек и тире. Например, включение насоса № 1 происходит при двух тире и одной точке, открывание задвижки трубопровода — при двух точках и одном тире и т. д.

Мы рассказали о применении шаговых искателей в самых простых схемах телеуправления с целью показать один из способов сокращения числа проводов линии связи. Но и этой схеме многого нехватает. Во-первых, она медленно действует. Для передачи, например, шестнадцатой команды, учитывая время замедления, которое создаёт реле времени, потребуется несколько секунд.

Во-вторых, эта схема совершенно не предусматривает защиты от ложных команд. Особое же внимание во всех системах управления на расстоянии уделяется именно вопросу надёжности. В случае срыва импульса, повреждения проводов и т. д. может быть передана ложная команда, что, конечно, совершенно недопустимо.

Особые методы защиты в современных советских системах управления на расстоянии делают невозможным выполнение искажённых команд. Каждое повреждение становится немедленно известным диспетчеру поста управления (на пульте загорается сигнальная лампочка).

ОБРАТНЫЙ КОНТРОЛЬ

При управлении на расстоянии всегда важно знать, выполнено ли переданное приказание. Например, диспетчер на расстоянии управляет электрической станцией, расположенной в десятках километров от пульта управления. Он нажимает одну кнопку — начинает работать генератор № 1, нажимает другую — включается генератор № 2. Но можно ли быть уверенным в том, что приказание выполнено? Не подвела ли линия управления, правильно ли сработали механизмы?

Находясь на расстоянии десятков и сотен километров от управляемого объекта, диспетчер не только получает сигнал о выполнении команды, он знает также величины напряжения и тока генераторов, число оборотов машин и многое другое. Словом, на пульт управления передают-

ся все наиболее важные показания измерительных приборов с управляемого объекта.

Обычные механические измерители не могут передавать показаний приборов на большие расстояния. Но уже применение в них простых электрических контактов позволяет диспетчеру как бы видеть то, что происходит на станции. Если, например, на шкале манометра, измеряющего давление пара, против красной черты укрепить электрический контакт, а на указательную стрелку подать напряжение от батареи, то при соприкосновении стрелки с контактом цепь замыкается, и включается сигнальное приспособление (звонок, лампочка, сирена, гудок). Это приспособление, связанное с контактом электрическими проводами, может быть установлено на большом расстоянии от прибора.

Получив тревожный сигнал, диспетчер центрального пульта сейчас же включит электродвигатель, поворачивающий вентиль паропровода. Электродвигатель будет работать до тех пор, пока давление пара не снизится до нужного уровня, т. е. пока стрелка прибора не разомкнёт контакта и сигнал не прекратится.

Но одно дело получить сигнал о том, что угрожает авария (телесигнализация), а другое — непрерывно передавать на расстояние показания измерительных приборов (телеизмерение).

К телеизмерительным приборам предъявляются очень большие требования.

Во-первых, нужно, чтобы они работали совершенно автоматически. Например, на электростанции, управляемой на расстоянии, телеизмерительное устройство должно автоматически снимать показания мощности, напряжения, силы тока, частоты и других величин с работающих агрегатов и передавать эти показания на пульт управления.

Во-вторых, телеизмерительные устройства должны иметь как можно меньше соединительных проводов. Дело в том, что показания измерительных приборов зачастую приходится передавать на десятки и сотни километров. Поэтому очень важно сократить число проводов до минимума, передавая по одному и тому же каналу связи показания не одного, а многих приборов одновременно или с небольшим сдвигом по времени.

В-третьих, передача показаний измерительных приборов на большое расстояние должна быть очень точной.

Ведь малейшие неточности в работе механизмов телеизмерения введут в заблуждение диспетчера, управляющего объектом, а пользуясь неверными данными, он может отдать неправильное распоряжение.

Но и это ещё не все требования, которые предъявляются к телеизмерительным устройствам. Некоторые из этих устройств должны не только передавать показания приборов на пульт управления, но в случае какой-либо неполадки в работе механизмов сами, не дожидаясь приказа диспетчера, вмешиваться в деятельность машин.

Предположим, что мы управляем на расстоянии каким-нибудь химическим процессом, где все операции происходят автоматически. На пульте управления мы видим ход химических реакций, знаем, сколько засыпано в реактор различных веществ, каков расход жидкостей, газов, каковы давление и температура в реакторе.

Всё идёт хорошо. Но вдруг один из приборов показывает, что давление внутри реактора выше нормы. Очевидно, в нём нарушился правильный ход химических реакций, и процесс пошёл по другому пути. Давление всё более и более повышается. Кажется, неминуем взрыв, авария, порча сырья и дорогостоящего оборудования. Однако, прежде чем мы успеем принять какие-нибудь меры, автомат сам выправит работу, и аварии не произойдёт. Для этого нужно, чтобы параллельно с передачей показаний приборов на расстояние телеизмерительное устройство само автоматически вмешивалось в управление производственным процессом.

Телеизмерительных приборов, основанных на самых различных принципах, разработано множество. Однако описание их в нашу задачу не входит и составляет предмет изложения другой книги *).

С ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОСТА

Ещё до Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. советскими инженерами были разработаны системы телеуправления исключительной надёжности и точности действия. Одна из таких систем была установлена на

*) О телеизмерительных устройствах можно прочесть также в книге К. В. Егорова «Автоматика и телемеханика», Гостехиздат, серия «Научно-популярная библиотека».

канале имени Москвы для управления на расстоянии гидроэлектростанциями, «запертыми на замок», и насосными станциями канала.

В 1948 году советскими инженерами было разработано устройство телеуправления и телесигнализации для энергетических систем. Называется оно ВРТ-48. Этот прибор создан в Центральной научно-исследовательской экспериментальной лаборатории (ЦНИЭЛ) Министерства электростанций СССР.

В этой системе применён так называемый временно-распределительный принцип избирания команд. На приёмном и на передающем устройствах установлено по одному шаговому искателю и по нескольку десятков телефонных реле.

Они смонтированы в специальных шкафах и соединены друг с другом всего лишь двумя проводами.

По этим проводам можно передать до 19 команд телеуправления и 43 обратных сигнала, извещающих диспетчера о состоянии управляемых им установок.

Ещё более совершенны будут устройства телеуправления на гидроэлектростанциях великих строек коммунизма.

На великих стройках коммунизма управление на расстоянии будет применено в невиданных до сих пор масштабах. От установленных на гидростанциях турбогенераторов ток пойдёт в гигантские повысительные трансформаторы. В них напряжение повысится до четырёхсот тысяч вольт, т. е. до величины, соизмеримой с напряжением молнии. Электрическая энергия по высоковольтным проводам будет передаваться на тысячи километров к сердцу нашей Родины — Москве. По этим же проводам, несущим сказочно гигантскую силу рек Волги и Днепра, превращённую в электричество, будут передаваться сигналы управления энергосистемой.

С центрального поста управления, находящегося в Москве, простым нажатием кнопки будет осуществляться распределение нагрузки, управление потоками электрической мощности, а со станций в Москву будут передаваться показания измерительных приборов, значения различных величин: напряжения, частоты, активной и реактивной мощностей и других величин, необходимых для управления и установления режима работы энергосистемы.

Приборы измерения, управления и сигнализации на расстоянии уже разрабатываются для великих строек научно-исследовательскими институтами и лабораториями.

Управление на расстоянии будет широко применено также на шлюзах судоходных каналов великих строек.

Вот перед нами аппарат высотой в два человеческих роста. Этот аппарат напоминает по форме огромное пианино. Только вместо клавишей у него небольшие рычажки, кнопки, сигнальные электрические лампочки. На вертикальной панели расположены сверкающие никелем и стеклом различные приборы. Это — центральный пульт управления одним из шлюзов Волгодонского судоходного канала. Приборы этого сложнейшего электроаппарата соединены густой сетью электрических проводов.

Под приборами надписи: «Уровень воды», «Нижние ворота», «Затворы галерей», «Верхние ворота»...

Некоторые из этих приборов совсем не похожи на обычные измерительные приборы. Вот, например, прибор с надписью: «Нижние ворота». За блестящей оправой прибора видны две тоненькие металлические стрелки. Они сомкнуты друг с другом. Это означает, что ворота шлюза закрыты. Но вот на пульте управления нажимается небольшая кнопка. Включается электрическая цепь управления мощным электродвигателем, открывающим ворота шлюза. Медленно и торжественно распахиваются тяжёлые стальные створки ворот. Одновременно с этим расходятся в стороны и стрелки прибора. Они в точности копируют движение створок ворот шлюза.

Всё дальше расходятся стрелки друг от друга и, наконец, останавливаются на крайних делениях шкалы.

Ворота полностью открыты — можно пропускать корабль.

Всё оборудование сооружений судоходных каналов великих строек коммунизма будет электрифицировано, а управление ими полностью автоматизировано.

УПРАВЛЕНИЕ ЗВУКОМ

Металлические провода — не единственные каналы связи, по которым могут передаваться команды телеуправления. Всякая среда, по которой можно передать к приёмнику телеуправления некоторое количество энергии, может служить каналом связи. А если это так, то

нельзя ли для управления на расстоянии применить акустические (звуковые) колебания?

Пусть простейшим **передатчиком** сигналов будет такой источник звука, как, например, труба или обычный свисток (рис. 6, *а*).

Приёмником сигналов в этом случае может быть туго натянутая струна или упругая пластинка—мембрана

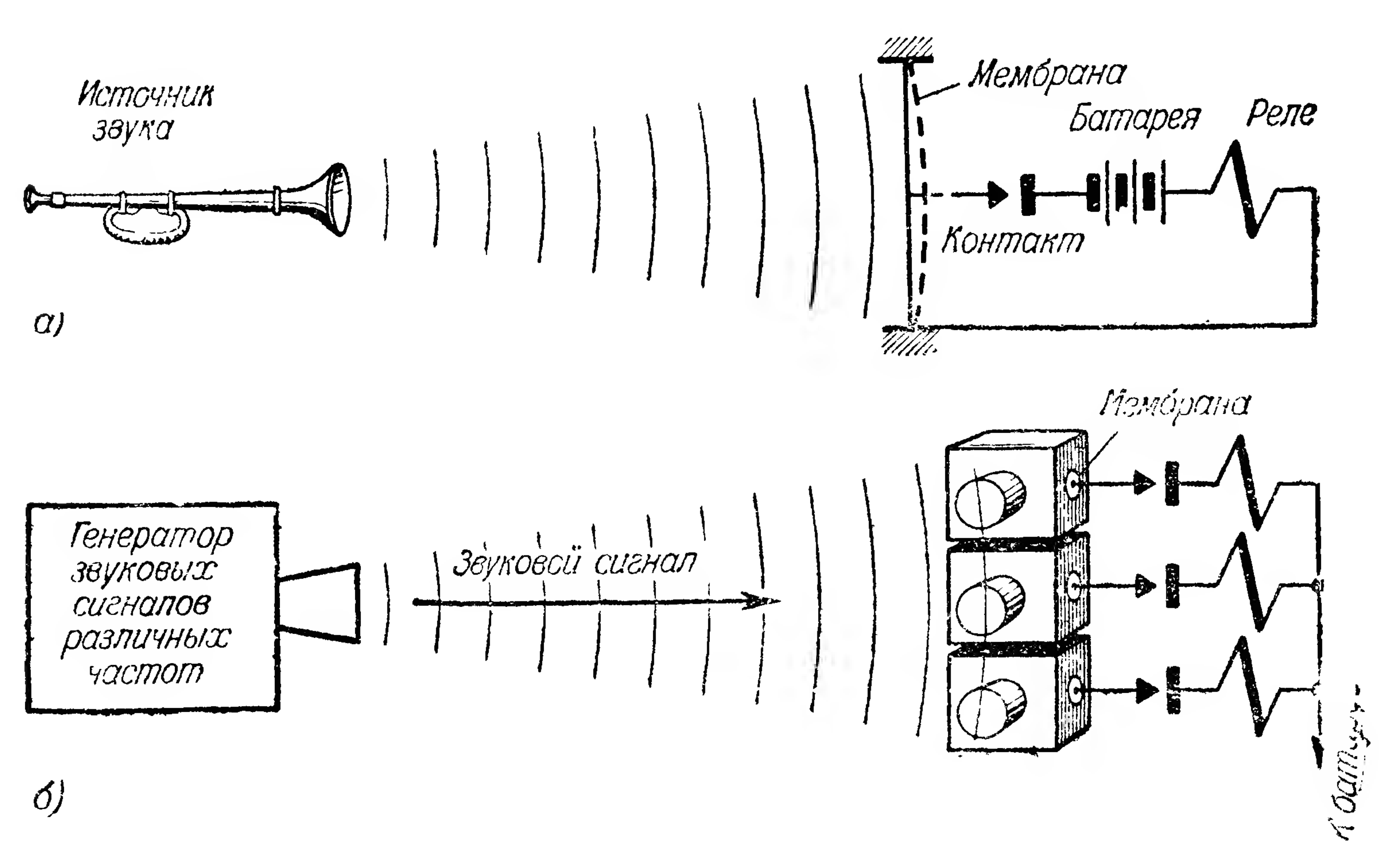


Рис. 6. Управление на расстоянии посредством звуковых сигналов по воздуху: *а*) схема передачи одиночного сигнала; *б*) схема передачи нескольких сигналов с различной частотой.

с жёстко закреплёнными концами. Если дуть в трубу или свистеть, то звуковые волны, достигнув мембраны, окажут на неё давление и заставят прогибаться.

Укрепив в центре мембраны контакт, можно получить замыкание электрической цепи управления.

Кажется проще аппаратуры не придумаешь: нужны лишь источник звука — труба и металлическая пластинка — мембрана!

При каждом звуковом сигнале пластинка станет прогибаться и включать шаговый искатель, щётка которого, передвигаясь по контактам, замыкает различные цепи управления.

Акустическая линия связи может использоваться в любом способе управления на расстоянии: число-импульсном, время-импульсном, частотном и т. д.

Можно, например, давать команды звуками различной высоты, т. е. для каждой команды менять частоту колебаний. На приёмнике в этом случае устанавливаются акустические фильтры, которые пропускают колебания только одной определённой частоты и не пропускают другие (рис. 6, *б*).

Акустические частотные фильтры состоят из закрытых коробок и отростков труб, через которые поступают звуковые сигналы управления.

Комбинируя размеры коробки с разными по длине отростками труб, мы получаем различные акустические резонансные контуры. Каждый такой контур воспринимает колебания определённой частоты. Поэтому если нужно передать пять распоряжений, то потребуется пять акустических фильтров.

Как мы уже говорили, каждому сигналу соответствует колебание определённой частоты.

В каждом фильтре находится мембрана, настроенная в резонанс с частотой сигнала. Поэтому при передаче звуковых сигналов колеблется только та мембрана, которая настроена в резонанс с приходящими акустическими колебаниями. Эта мембрана и включает соответствующее ей реле. Остальные мембраны бездействуют.

Получается акустическая линия связи, основанная на принципе частотной избирательности сигналов.

На расстоянии нескольких десятков метров такая система работает довольно надёжно. Но на больших расстояниях, в сотни метров, звуковые волны могут не достигнуть мембраны. Во-первых, проходя через слои воздуха различной плотности, звуковые волны преломляются. При этом звуковой луч как бы загибается вверх, и у поверхности земли ничего не бывает слышно. Во-вторых, сильный ветер может отнести звуковые сигналы в сторону, а ветер, дующий навстречу, и вовсе потушить энергию звуковых волн.

Помешать управлению на расстоянии с помощью звуковых сигналов может также эхо. От различных предметов звуки могут отражаться несколько раз и давать ложные сигналы.

Кроме того, сильные звуковые сигналы очень неприятно действуют на слух.

И, наконец, самый большой недостаток этой системы — почти полное отсутствие направленности сигналов.

Представьте себе, что надо передать звуковые сигналы из нескольких мест одновременно. Получится такой хаос звуков, что приёмные устройства не воспримут их. Правда, приделав рупор к источнику звука, а также и к мембране, мы несколько увеличим направленность сигналов.

Но даже из рупора звуковая волна распространяется почти одинаково во все стороны.

Неужели нельзя сделать звуковые волны направленными, т. е. такими, чтобы они не рассеивались во все стороны, а шли по воздуху только в нужном для нас направлении?

Оказывается можно.

Из физики известно, что чем короче длина волны, т. е. чем больше частота колебаний, тем легче сделать её направленной. Так, например, ультракороткие радиоволны легко послать в любом желаемом направлении, подобно тому как это делают с лучами света (с помощью прожектора).

Звуковая (вернее, ультразвуковая) волна при числе колебаний в несколько десятков тысяч раз в секунду распространяется почти прямолинейно.

Применять ультразвуковые колебания в управлении на расстоянии очень удобно. Во-первых, энергия ультразвука не рассеивается в стороны, а идёт направленным пучком к приёмнику. Во-вторых, этим волнам не мешает ветер. Они почти не преломляются в слоях атмосферы с различной плотностью.

И ещё одно громадное преимущество имеют ультразвуки — они неслышимы человеческим ухом. Наше ухо — замечательный звуковой приёмник, но оно улавливает звуки с числом колебаний от 16 до 20 000 в секунду. Если звуковая волна совершает свыше 20 тысяч колебаний в секунду, человеческое ухо её не воспринимает.

Правда, некоторые животные, например собаки, прекрасно различают звуки и более высокого тона, чем 20 000 колебаний в секунду.

От ультрасвистка — прибора, создающего звуки высокой частоты, получить больше 80—100 тысяч колебаний в секунду нельзя, а для надёжного управления на расстоянии нужны колебания ещё большей частоты. Как же получить бо̀льшую частоту ультразвуковых колебаний?

В качестве источника таких колебаний используют кварц — минерал, называемый иначе горным хрусталём.

Из кристалла кварца определённым образом вырезают пластинку и с обеих сторон её прикрепляют металлические полоски — обкладки. Если нажать на пластинку горного хрусталя, то можно заметить любопытное явление. Тотчас же на металлических обкладках появляются электрические заряды.

Таково свойство кристалла кварца. Чем сильнее вы надавите на пластинку кварца, тем больше будет электрический заряд.

Эти свойства кварца были названы учёными пьезоэлектрическими.

А что произойдёт, если мы сделаем наоборот: к обкладкам кварца приложим электрический заряд от постороннего источника энергии? Может быть, он заставит кварц сжаться?

Оказывается, кристалл кварца обладает свойством обратимости: на него также действует электрический заряд, подведённый к обкладкам. В зависимости от того, будет ли этот заряд положительным или отрицательным, пластинка кварца делается то толще, то тоньше. Известно, что всякое колеблющееся тело излучает звуковые волны. Если электрический заряд на обкладках кварца менять с определённой частотой, то кристалл станет вибрировать в такт с изменениями этой частоты.

Подведите к обкладкам кристалла кварца переменное напряжение частотой в 200 000 колебаний в секунду — кварц столько же раз в секунду сожмётся и разожмётся. Слои воздуха, прилегающие к пластинке, получат 200 000 «ударов».

Как видите, кварц позволяет получить ультразвуки очень большой мощности. Мы уже говорили, что ультразвуковые волны распространяются прямолинейно. Применяя их, можно передавать сигналы управления на расстояние направленным пучком.

Но какое же устройство сможет принимать ультразвуки? Ведь ни одна мембрана «не успеет» колебаться с такой большой частотой!

И тут используют обратимость пьезокварца. Если ультразвуковые волны попадут на одну из его обкладок, на них образуются электрические заряды. Эти заряды уси-

ливаются обычным электронным усилителем, который заставляет срабатывать электромагнитное реле. Контакты реле включают цепи исполнительных механизмов.

Известным советским специалистом в области ультразвука С. Я. Соколовым сконструированы различные автоматические приборы и аппараты. За свои работы он удостоен звания лауреата Сталинской премии.

Энергия ультразвуковых колебаний в воздухе сравнительно быстро затухает. Поэтому для управления на больших расстояниях ультразвуковые колебания, как правило, не применяются.

ПОДВОДНЫЕ СИГНАЛЫ

Гидро — по-гречески означает вода, гидроакустика — отдел физики, изучающий распространение звуковых колебаний в воде.

Известно, что вода проводит звук лучше, чем воздух. Значит, передавать сигналы по воде при одинаковой затрате энергии можно значительно дальше, чем по воздуху.

Подводную сигнализацию уже давно применяли рыбаки острова Цейлон. Они вывешивали за борт своих рыбачьих лодок глиняный горшок и, ударяя по нему под водой, получали звук, слышимый на значительном расстоянии. Это была примитивная подводная звуковая сигнализация.

Первые научные опыты передачи звуковой энергии в воде (для определения скорости распространения звука) были проведены в 1826 году на Женевском озере на расстоянии 14 километров.

На глубину трёх метров опустили церковный колокол весом в шестьдесят пять килограммов. Одновременно с ударом в колокол наверху автоматически производился взрыв большого количества пороха. Для приёма сигналов пользовались слуховой трубкой, закрытой с одного конца тонкой металлической мембраной.

Определив, сколько времени проходит между вспышкой пороха и моментом приёма звукового сигнала, можно было высчитать, как быстро распространяется звук в воде. Оказалось, что скорость звуковых волн в воде составляет 1435 метров в секунду, т. е. почти в пять раз больше, чем в воздухе.

Тогда же решено было использовать звуковую энергию для подводной сигнализации и для измерения морских глубин.

По мысли одного моряка — капитана корабля — был устроен специальный взрывной снаряд вроде употреблявшихся тогда снарядов для ловли китов. При соприкосновении с грунтом такой снаряд должен был взорваться. По моменту приёма звука или по объёму газов после взрыва надеялись рассчитать глубину моря. Но опыты эти окончились неудачно, — несмотря на сильный заряд пороха и работу при полном штиле, звука не было слышно.

После этого гидроакустикой в течение многих лет нигде не занимались.

Однако частые кораблекрушения заставили инженеров различных стран вновь заинтересоваться этой наукой.

В тумане корабль легко может наткнуться на подводный камень и пойти ко дну. Всем известен случай с кораблём «Титаник», налетевшим в 1912 году на ледяную гору.

Гибель океанского парохода натолкнула учёных на мысль определять близость ледяной горы при помощи отражённой звуковой волны.

Представьте себе океанский пароход. На корабле установлены мощные излучатели звука — осцилляторы. Звуковая волна излучается, но обратно на корабль не приходит. Всё в порядке — можно плыть спокойно. Но вот, вдруг аппарат начинает отмечать обратный сигнал. Отражённая от ледяной горы или какого-нибудь другого препятствия звуковая волна возвратилась обратно. В этом случае команда парохода успеет принять все необходимые меры, чтобы избежать столкновения с ледяной горой.

Интересно, что принцип ультразвуковой локации имеет место и в живой природе. Так, например, доказано, что летучие мыши в полёте издают ультразвуковые колебания и после отражения их от различных препятствий (стен здания и т. д.) снова их воспринимают. Это позволяет слепым от природы летучим мышам ориентироваться в темноте.

Многие пароходы теперь оборудуются ультразвуковыми эхолотами — аппаратами для измерения глубины моря. Каждую секунду эти аппараты автоматически дают показания.

Принцип устройства кварцевого излучателя эхолота ничем не отличается от описанного на стр. 42.

Большая заслуга в создании мощных ультразвуковых излучателей принадлежит французскому учёному коммунисту Полю Ланжевену.

Ланжевену удалось впервые изготовить большие (мозаичные) кварцевые пластины и применить их в качестве источников и приёмников мощных ультразвуковых колебаний для эхолотов. Излучатель устанавливается в корпусе корабля. Стальные обкладки кварца в 3 сантиметра толщиной колеблются с размахом (амплитудой) в одну десятитысячную долю миллиметра.

Величина амплитуды отражённой от дна моря звуковой волны ещё меньше — это одна стомиллионная доля сантиметра. Но даже и такая ничтожная величина перемещения молекулы воды заставляет «мембрану» слегка прогибаться. Всё остальное делают электронные усилители. Им достаточно и таких слабых колебаний, чтобы заставить сработать указатель глубины.

Ультразвуковой луч в воде идёт направленным пучком в виде узкого конуса. Почти вся звуковая энергия концентрируется в этом узком пучке лучей.

Благодаря этому увеличивается дальность действия излучателя и уменьшаются потери энергии на рассеивание.

Ультразвуковую аппаратуру для измерения глубины моря можно с успехом использовать и для управления на расстоянии.

Для этого приёмное устройство ультразвуковых сигналов надо соединить с одним из устройств, которые выбирают необходимые цепи исполнения (например, с шаговыми искателями).

УПРАВЛЕНИЕ ЛУЧАМИ СВЕТА

Можно сделать прибор, позволяющий управлять на расстоянии различными механизмами посредством световых сигналов.

Основная часть этой установки — фотоэлемент, воспринимающий световые сигналы управления *). Под воздей-

*) Подробнее о фотоэлементах смотри книжки «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: В. А. Мезенцев «Электрический глаз» и С. Д. Клементьев «Зоркий помощник», 1950.

ствием лучей света в фотоэлементе образуется слабый электрический ток. Усиленный во много тысяч раз электронным усилителем этот ток включает электромагнитное реле.

Простейший передатчик световых сигналов управления похож на автомобильные фары. Он состоит из небольшого рефлектора и лампочки.

Лампочку лучше всего брать «точечную» — с нитью накаливания, похожей на маленькую яркосветящуюся точку. Такие лампочки дают более правильное отражение света от рефлектора, и лучи получаются почти параллельными.

Посылать световые команды можно при помощи обычного телеграфного ключа. Нажимаем ключ — лампочка ярко вспыхивает, и пучок света идёт в определённом направлении.

Используя для сигнализации световые лучи, мы обходимся без проводов и какой-либо сложной аппаратуры. Передатчик получается очень лёгкий, компактный и дешёвый. Особенно удобен он на море и при работе в условиях горной местности, где, как известно, прокладка проводов связана с большими трудностями.

Управлять на расстоянии можно не только видимыми световыми лучами, но и посредством невидимых, инфракрасных, лучей.

Световой луч, идущий от прожектора, перекрыт фильтром, который не пропускает видимой части спектра. Через эту преграду проходят лишь невидимые глазом, инфракрасные лучи. Так в общих чертах работает передающее устройство управления. На приёмном конце этой линии — другой рефлектор. Он собирает в своём фокусе лучи света, идущие от передатчика, и направляет их на фотоэлемент (рис. 7).

Особенно интересен передатчик с прерывающимся лучом света. Особый механизм несколько тысяч раз в секунду прерывает луч передатчика.

Получается как бы непрерывно мигающий пучок световых лучей. Улавливает эти лучи фотоэлемент приёмника.

Приёмное устройство усиливает токи фотоэлемента и превращает их в электрические импульсы. Оно устроено так, что постоянный свет (например, дневной) на него совершенно не влияет.

Применение луча света, прерывающегося с определённой частотой, имеет большое преимущество.

Как бы ни был ярок дневной свет, усилительная аппаратура приёмника его «не чувствует». Поэтому передатчик и приёмник сигналов управления с прерывистым лучом света прекрасно работают как днём, так и ночью.

Фототок, меняющийся в такт с прерываниями луча, усиливается радиолампами, от которых срабатывает электромагнитное реле, соединённое, например, с шаговым искателем. В зависимости от числа световых импуль-

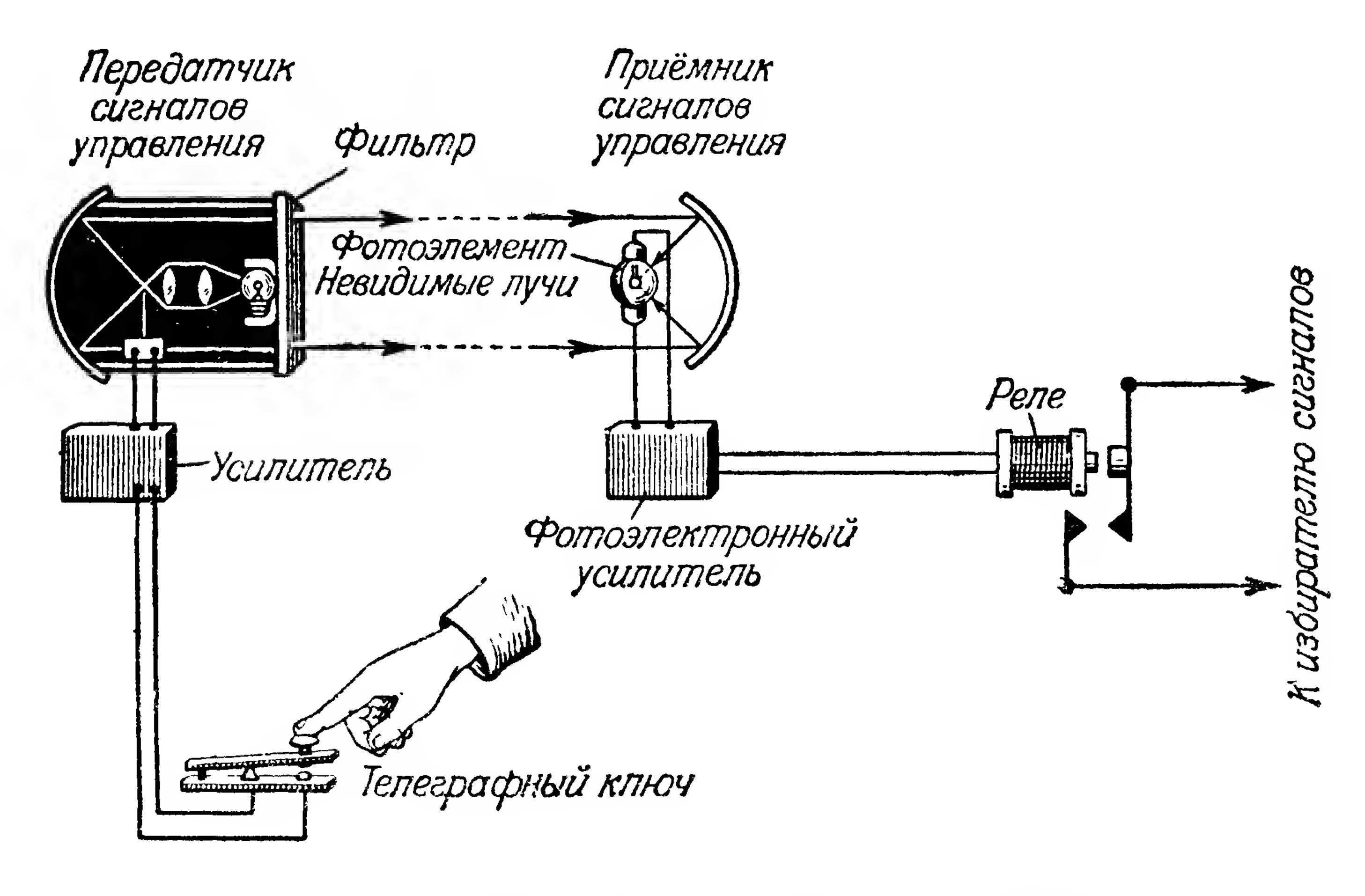


Рис. 7. Управление на расстоянии посредством инфракрасных лучей.

сов — вспышек — приёмное устройство выполняет ту или иную команду. Дальность действия этих аппаратов при благоприятных атмосферных условиях достигает двадцати пяти километров и более.

Световые передатчики сигналов управления совершенно не мешают друг другу, хотя и работают на «одной волне».

Самым существенным недостатком световой линии управления является зависимость дальности действия от состояния атмосферы.

УПРАВЛЕНИЕ ПО РАДИО

Мысль о практическом использовании радиоволн для управления на расстоянии возникла вскоре после того, как великий русский учёный А. С. Попов изобрёл радио.

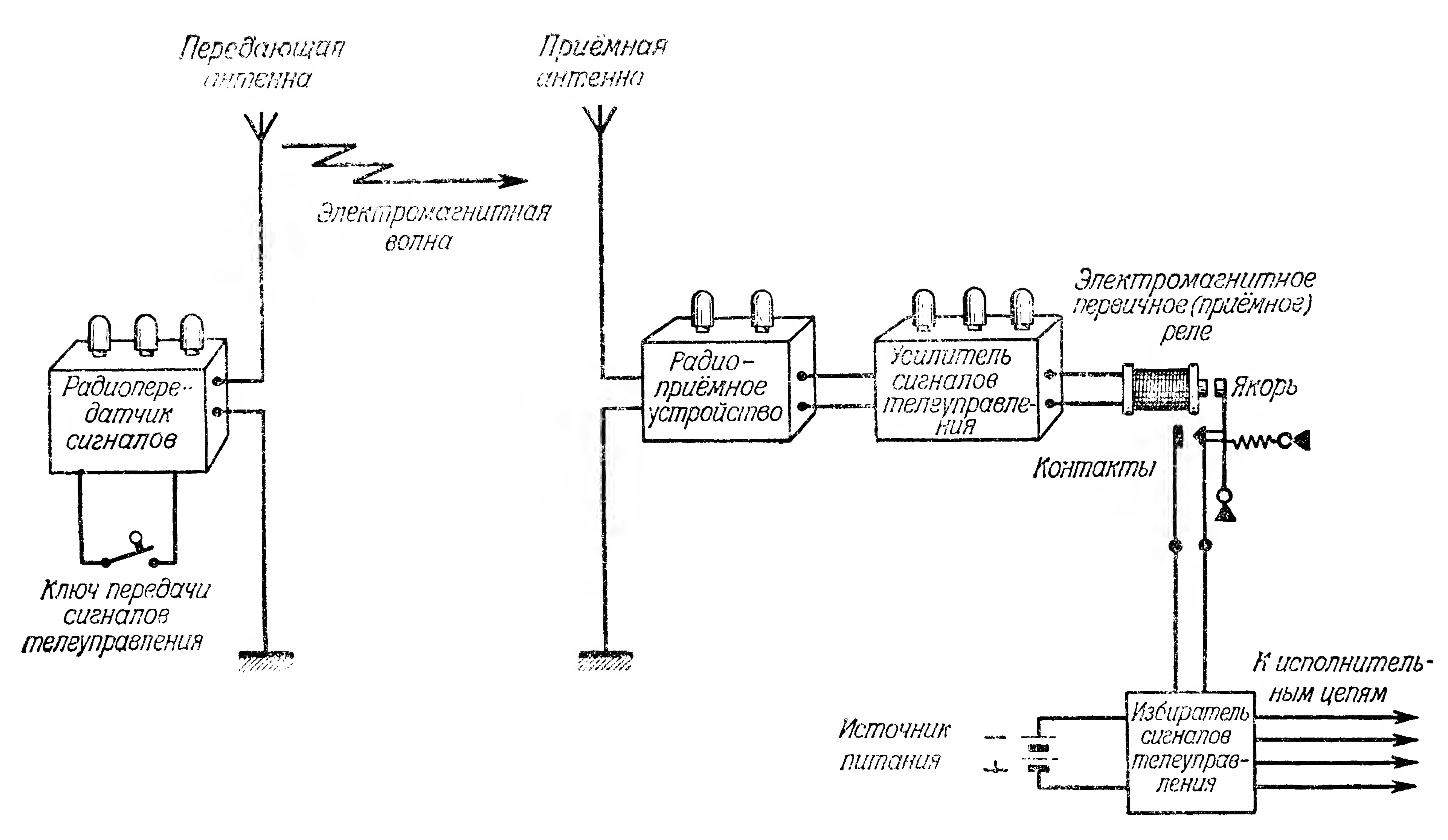


Рис. 8. Простейшая схема управления на расстоянии по радио.

Вначале опыты в этом направлении были неудачными. Лишь по мере развития радиотехники стало возможно управлять механизмами по радио.

Каким же образом осуществляется управление по радио?

Многие знают, как работает обычный радиоприёмник. Радиоволны, которые излучает передающая станция, возбуждают в антенне приёмника слабый электрический ток высокой частоты. Ток этот выпрямляется и усиливается радиолампами, а затем поступает в громкоговоритель. Если радиостанция будет передавать не музыку и речь, а сигналы телеграфной азбуки, то радиоприёмник полностью воспроизведёт их. В этом случае громкоговоритель станет издавать отрывистые звуки различной длительности.

Но представьте себе, что вместо громкоговорителя вы включили в схему радиоприёмника чувствительное электромагнитное реле (рис. 8). При каждом сигнале это реле будет притягивать якорь, который замыкает (или размыкает) контакты электрической цепи.

Если к контактам реле присоединить, например, шаговый искатель (см. стр. 28), то при каждом радиосигнале щёточка его станет передвигаться по контактам и включать ту или иную исполнительную цепь. Аппаратура, приключённая к контактам искателя, почти не отличается от аппаратуры, применяемой для телеуправления по проводам. Разница заключается лишь в том, что для движущихся объектов аппаратура телемеханического управления должна быть более лёгкой и компактной, чем для неподвижных (стационарных) установок.

Радиосигналы управления могут отличаться друг от друга не только числом импульсов, но и их длительностью, а также величиной амплитуды или частотой.

КОРАБЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ПО РАДИО

Первый радиокорабль выполнял девять команд: «ход вперёд», «ход назад», «быстрее», «медленнее», «поворот влево», «поворот вправо», «стоп», «гудок», «зажечь сигнальные огни».

Все механизмы, управляющие кораблём (рычаги, рукоятки, штурвал и т. п.), соединялись через зубчатые

передачи с небольшими электродвигателями — сервомоторами. Сервомоторы пускали в ход или останавливали при помощи радиосигналов.

Позднее был построен другой корабль, выполнявший тридцать различных команд, передаваемых по радио. Он служил подвижной мишенью для учебной артиллерийской стрельбы.

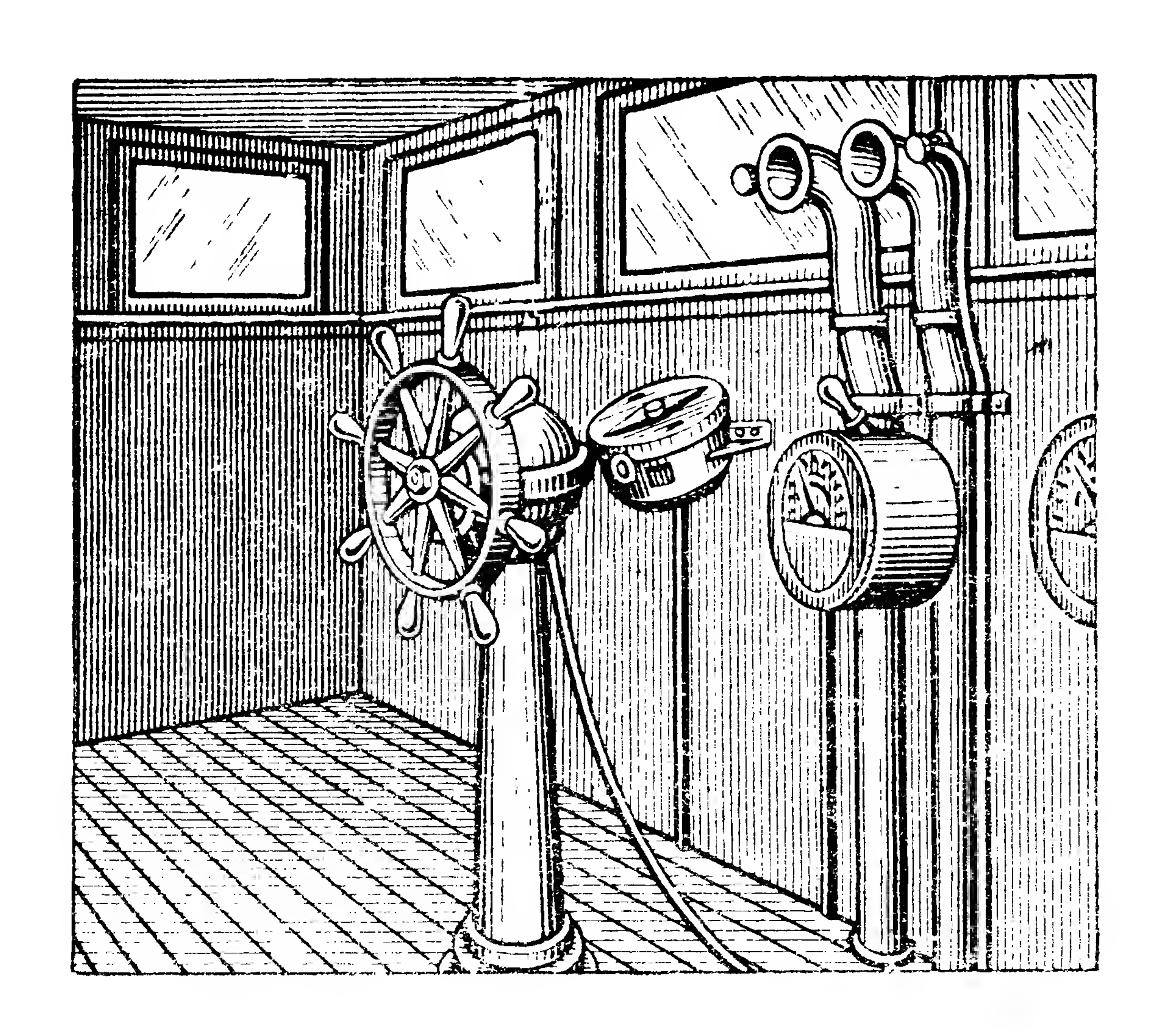


Рис. 9. Штурманская рубка радиоуправляемого корабля. Людей нет — их место заняли аппараты, управляемые по радио, и автоматы.

Раньше морская учебная стрельба производилась по неподвижным мишеням или по медленно передвигающимся щитам, которые тащил на буксире вспомогательный корабль. Это было совсем не похоже на действительные условия морского боя.

Щиты не могли маневрировать как настоящие корабли: уклоняться от обстрела, менять свой курс.

Радиоуправляемая мишень была гораздо удобнее для учебно-боевой подготовки. Она могла вести себя как настоящий корабль в морском бою: маневрировать, выпускать, если это требуется, дымовую завесу и т. д.

Любой корабль относится волнами и ветром в сторону; без руля корабль становится игрушкой волн. Поэтому все

корабли снабжаются не только двигателями, но и рулями, направляющими движение в нужную сторону.

Но кто же управляет рулём корабля, на котором нет ни одного человека?

Кто может заменить рулевого на корабле, чтобы он двигался по заданному курсу?

Это могут осуществить только автоматические механизмы, основным элементом устройства которых является прибор, называемый гироскопом.

ВАЖНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИБОР

Многим из вас знакома игрушка, называемая волчком. Быстро вращаясь вокруг своей оси, волчок забавляет не только ребёнка. Он привлекает также внимание учёного.

Ребёнок любуется ярко раскрашенной игрушкой, учёный изучает законы её движения.

Чем же интересен волчок? Почему в течение почти целого столетия им интересовались крупнейшие учёные и инженеры всех стран мира?

Основное свойство волчка — способность сохранять во время вращения направление своей оси, т. е. то направление оси вращения, которое ему было задано при пуске в ход.

С волчками мы встречаемся всюду. Двухколёсный мотоцикл или велосипед устойчивы только потому, что их колёса представляют собой быстровращающиеся волчки. Артиллерийский снаряд или винтовочная пуля не кувыркаются в полёте потому, что нарезка ствола заставляет их быстро вращаться. Они представляют собой летящие в воздухе волчки. Больше того, мы и живём на «волчке».

Ось земного шара, как и ось вращающегося волчка, сохраняет одно и то же положение. Она всегда направлена своим северным концом на Полярную звезду.

Другие планеты солнечной системы и само Солнце — это тоже волчки.

Удивительное свойство быстровращающихся волчков сохранять неизменным направление оси вращения учёные использовали для решения важных технических задач. На принципе волчка был построен особый прибор, называемый гироскопом.

Быстро вращающийся массивный диск гироскопа по сути дела и есть волчок, закреплённый в особых так называемых карданных подвесах (рис. 10).

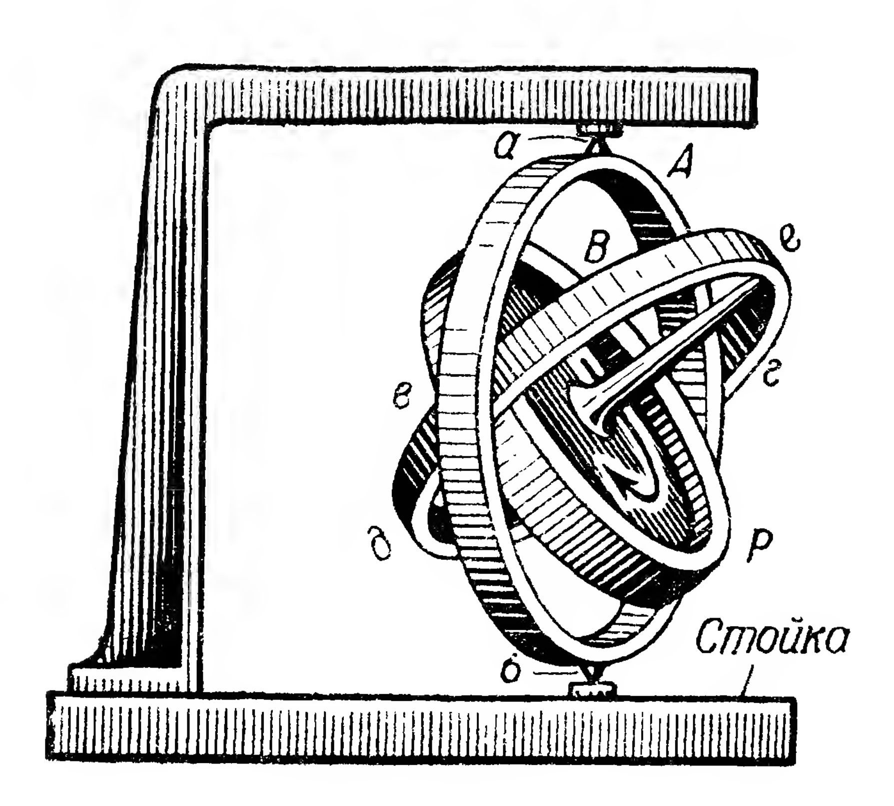


Рис. 10. Схематическое изображение гироскопа; *де* — ось вращения диска гироскопа *Р*, *аб* и *вг* — карданные подвесы, *А* и *В* — кольца гироскопа.

Гироскоп является одним из самых важных приборов, применяемых в движущихся механизмах, управляемых по радио.

Впервые гироскопы были использованы при управлении автоматическими самодвижущимися торпедами, а затем и на кораблях.

С гироскопами связывают электрические устройства, воздействующие на органы управления рулём. При отклонениях корабля от различных случайных причин влево или вправо гироскоп, установленный на нём, не

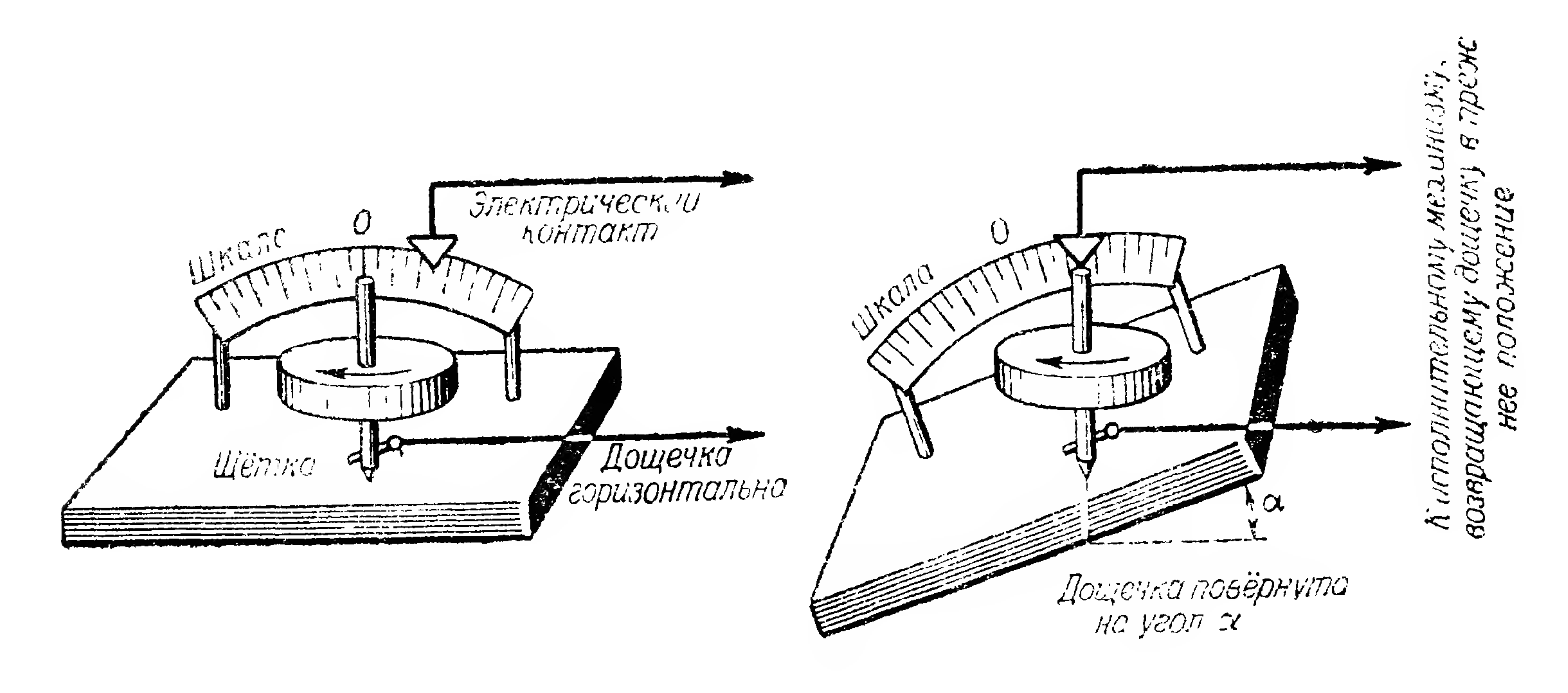


Рис. 11. Ось волчка (гироскопа) сохраняет направление своего вращения неизменным. Слева контакт разомкнут, справа замкнут.

меняет направления оси своего вращения. При этом включаются механизмы управления рулём.

Чтобы более ясно представить себе, что происходит при отклонениях корабля от заданного курса, проделаем

простой опыт. Возьмём быстровращающийся волчок и поместим его на дощечку с укреплённой на ней шкалой (рис. 11). Волчок вращается, ось его направлена вертикально и приходится как раз против середины шкалы.

Не останавливая волчка, начнём наклонять дощечку, например влево. Вместе с дощечкой наклонится и неподвижно скреплённая с ней шкала. Ось же волчка попрежнему останется вертикальной. Но конец её сместится относительно среднего деления шкалы вправо.

Будем ли мы считать, что сдвинулась шкала или ось волчка — это безразлично. Важно то, что ось волчка и шкала сместились по отношению друг к другу.

Если на этой шкале установить электрический контакт, то, коснувшись его, конец оси волчка может включить небольшой электродвигатель.

Этот двигатель, соединённый с передаточным механизмом, возвратит нашу дощечку в исходное положение. Но как только дощечка придёт в горизонтальное положение, конец оси волчка снова разомкнёт контакты, укреплённые на шкале, и выключит цепь питания электродвигателя. Цикл автоматического управления будет закончен.

Такова схема автоматического «следящего» устройства, основанного на применении свойства быстровращающегося волчка сохранять неизменным направление оси своего вращения.

Если то положение дощечки, при котором цепь электродвигателя выключается, назвать «нулевым положением», то понятно, что, перемещая этот «нуль» по шкале влево или вправо, мы можем изменять положение, в котором волчок будет удерживать дощечку.

Если нулевое положение перемещать с помощью реле, приводимого в действие радиосигналами, то мы сможем «указывать» всему нашему устройству то направление его движения, которое должно автоматически поддерживаться.

Действие приспособления для автоматического сохранения установленного курса радиоуправляемого корабля основано именно на этом принципе. Всякое отклонение корабля от правильного курса благодаря происходящему

при этом замыканию контактов вызывает вращение электродвигателя, поворачивающего руль.

Таким образом, изменяя «нулевое положение» с помощью реле, управляемого по радио, можно изменить в нужном направлении курс корабля.

Такова общая и на первый взгляд простая схема управления на расстоянии по радио (при практическом осуществлении она оказывается весьма сложной).

САМОЛЁТЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ПО РАДИО

Мысли о том, что самолётами можно управлять по радио, были высказаны ещё в начале нашего столетия. Вскоре были проделаны первые опыты с радиоуправляемой моделью самолёта. Большая модель самолёта, подчиняясь командам, которые передавались с земли по радио, поднялась в воздух, сделала несколько маневров над морем и благополучно опустилась на свой аэродром.

Опыты по управлению самолётами на расстоянии были успешно повторены. Год за годом по мере усовершенствования передающей и приёмной радиоаппаратуры улучшались и конструкции самолётов, управляемых по радио.

Позднее, производились удачные опыты по радиотелемеханическому управлению тяжёлыми бомбардировщиками. Управление велось на этот раз не с земли, а с другого самолёта, следовавшего на некотором расстоянии от бомбардировщика.

К 30-м годам XX века техника радиоуправления настолько далеко продвинулась, что стало возможным управлять самолётами на расстоянии до 100 километров и более.

Радиоуправляемые самолёты по сигналам с аэродрома поднимались в воздух и, совершив полёт по заданному маршруту, возвращались обратно на свои базы.

В конце 30-х годов были произведены испытания уже не одного, а целой эскадрильи управляемых по радио самолётов. Послушные воле человека, стоящего за пультом управления, радиосамолёты делали разбег, поднимались в воздух, набирали высоту, ложились на заданный курс, выполняли фигуры высшего пилотажа и приземлялись.

Управление самолётами производилось не только в хорошую погоду, но и при плохих метеорологических условиях (в туман, при низкой облачности), а также и ночью на довольно больших расстояниях.

На обычном самолёте, не имеющем автопилота — прибора для автоматического управления, лётчик постоянно должен заботиться о том, чтобы машина не потеряла равновесия в воздухе (оперируя рулями, закрылками и т. д.).

Самолёт, управляемый по радио, так же не может обойтись без автомата, который бы заставлял самолёт сохранять полное равновесие. Эта трудная задача была решена благодаря применению гироскопических устройств.

Аппаратура радиоуправляемого самолёта состоит в основном из четырёх различных групп приборов:

1) приборы, производящие подъём самолёта с аэродрома в воздух;

2) приборы, автоматически поддерживающие его равновесие;

3) приборы, принимающие сигналы радиоуправления во время полёта машины;

4) приборы, при помощи которых самолёт делает посадку на аэродром.

Существенной частью прибора для автоматического взлёта является измеритель скорости самолёта относительно воздуха. Когда включается мотор, самолёт начинает двигаться по земле. Скорость этого движения отмечает особый прибор — указатель скорости. Когда скорость достигнет определённой величины, при которой может начаться подъём, прибор автоматически ставит рули высоты в нужное для взлёта положение, и радиоуправляемый самолёт отрывается от земли.

Прибор, который автоматически поддерживает равновесие самолёта в воздухе, состоит из нескольких волчков — гироскопов. Оси их располагаются в трёх взаимно перпендикулярных направлениях.

Каждый гироскоп закрепляется в карданном подвесе, который позволяет волчку сохранять направление оси вращения.

Стоит только корпусу самолёта повернуться влево, вправо или наклониться, как немедленно тот или другой гироскоп замыкает электрические контакты.

Контакты включают сервомоторчики, которые в свою

очередь воздействуют на органы управления самолётом — самолёт возвращается в прежнее положение равновесия.

Радиоприборы для управления самолётом по существу не отличаются от радиоаппаратуры, которая применяется в управлении сухопутными и морскими объектами.

Команда может выполняться в три приёма. Сначала идёт подготовка (перемещение контактной щётки искателя в нужное положение), затем выполнение (замыкается цепь соответствующего серводвигателя) и, наконец, прекращение команды (приборы возвращаются в исходное положение).

При получении радиокоманды «посадка» особые, очень сложные по своему устройству электрические приборы, помещённые в самолёте, выключают мотор и переводят рули высоты в положение, необходимое для посадки. Самолёт плавно садится на три точки.

Управлять самолётом по радио технически не сложнее, чем позвонить по автоматическому телефону.

Управляющий радиосамолётом набирает номер диском, который расположен на пульте управления. Каждой команде соответствуют определённые цифры. Например, цифра *01* означает взлёт, *06* — посадку, *09* — вираж, *05* — пикирование и т. д.

Кроме этих несложных приборов, для управления по радио самолётами существуют и другие. Например, существуют системы, в которых управление самолётами осуществляется радиоволнами различной частоты.

Применение радиоуправляемых самолётов может быть самое разнообразное.

Благодаря радиоуправлению облегчается разрешение вопроса о полётах на большой высоте. Высота полёта обычного (не реактивного) самолёта ограничена мотором, который не может нормально работать в воздухе недостаточной плотности, а также тем, что лётчику нехватает воздуха для дыхания.

Первое затруднение обходят, применяя специальные компрессоры, нагнетающие воздух для мотора. Лётчик находится в воздухонепроницаемой, герметически закрытой кабине и обеспечивается запасом кислорода.

Радиоуправляемый самолёт не нуждается в герметических кабинах, которые усложняют и удорожают его конструкцию. Кроме того, для самолёта без пилота нет

необходимости в запасе кислорода; значит вес самолёта при этом уменьшается, а продолжительность полёта увеличивается.

Радиоуправление, таким образом, значительно облегчает решение задачи высотных полётов.

При полётах на больших высотах, где воздух разрежён, сопротивление воздуха значительно меньше, что даёт возможность развивать огромные скорости.

Полёты, связанные с риском для жизни: как например, научные исследования верхних слоёв атмосферы, испытание новых конструкций летательных аппаратов и т. д., могут осуществляться путём управления по радио.

Применение аппаратуры радиоуправления к реактивным самолётам даёт возможность наладить регулярные сообщения в высотных слоях атмосферы.

Высотные полёты радиосамолётов могут быть применимы, например, для быстрой переброски на огромные расстояния почты и различных грузов.

Управляемые на расстоянии по радио реактивные самолёты могут принести огромную пользу для изучения распространения радиоволн на больших высотах. Радиоуправление поможет подойти к решению вопроса об управлении с Земли межпланетными кораблями.

Межпланетный корабль, управляемый по радио, передаст на Землю обратные сигналы, извещающие о своём движении в безвоздушном пространстве, разделяющем планеты солнечной системы.

Посредством радиоуправляемого самолёта можно также осуществлять высотную аэрофотосъёмку местности.

Если на управляемом по радио самолёте установить телепередатчик и связать его с командным пунктом радиолинией, то по телевизору можно будет легко следить за местонахождением воздушного корабля.

Применение телевидения чрезвычайно облегчает управление самолётами по радио.

В последнее время радиоуправляемые самолёты в ряде стран снабжаются телепередающими установками, автоматически посылающими сигналы телевидения на экран ведущего самолёта-матки.

В кабине самолёта, с которого управляют по радио, установлен телевизионный приёмник. Экипаж самолёта видит на экране местность, находящуюся от него на большом расстоянии.

РАДИОУПРАВЛЯЕМЫЕ РАКЕТЫ

В войну 1941—1945 гг. немецкие фашисты использовали радиотелемеханические устройства в реактивных самолётах-снарядах и в ракетах дальнего действия.

Известно несколько типов ракет дальнего действия, отличающихся друг от друга. Одной из таких ракет является ракета ФАУ-2.

Бо́льшая часть ФАУ-2, применявшихся немцами во второй мировой войне, не управлялась по радио. Методы прицеливания и управления ракетой ФАУ-2 были примитивны и давали очень низкую точность попадания в цель. Ракеты падали не там, куда они были направлены, а в радиусе 3—5 километров от цели.

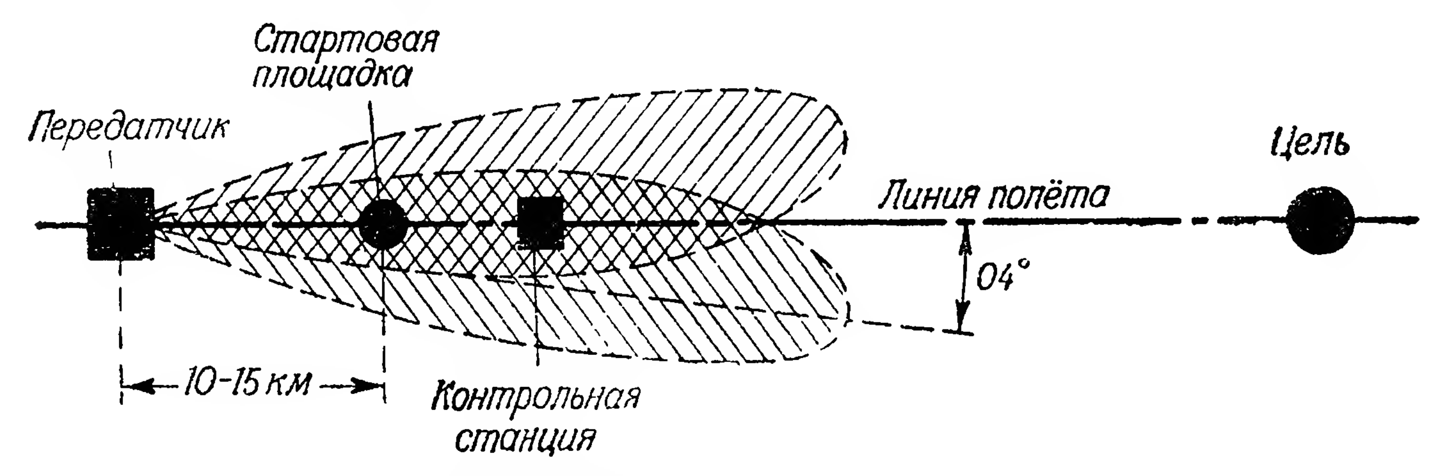


Рис. 12. Схематическое изображение системы «ведущий луч» для управления ракетами типа ФАУ-2 по радио.

Для увеличения точности прицеливания ракетных снарядов ФАУ-2 была применена система радиоконтроля курса этих ракет, так называемая система «ведущий луч». Эта система служит для корректировки курса ракеты, устанавливаемого гироскопическим направляющим устройством.

Наземное оборудование системы «ведущий луч» состоит из двух радиопередающих станций, расположенных на расстоянии 20—30 километров друг от друга (рис. 12). На одной из этих станций расположен передвижной радиопередатчик, работающий на две антенны. Другая радиостанция является контрольной.

Передающая радиостанция, стартовая площадка, с которой производится запуск ракеты, контрольная радиостанция и мишень, по которой ведётся стрельба, располагаются на одной прямой линии.

Каждая антенна радиопередатчика излучает радиоволну, причём в области запуска ракеты и в области конт-

роля оба радиолуча, как это видно из рисунка, перекрывают друг друга.

Особое автоматическое переключающее устройство подключает к передатчику поочерёдно то одну, то другую антенну. Время подключения каждой из антенн равно одной сотой доле секунды.

Передатчик работает 0,01 секунды на левую антенну с одной частотой, а в следующую 0,01 долю секунды — на правую антенну, но уже с другой частотой.

Радиоприёмное оборудование, установленное на ракете, состоит из антенны, расположенной в её хвостовой части приёмника, и механизмов для управления рулями ракеты.

В том случае, когда ракета летит по заданному курсу, сигналы от обеих антенн имеют одинаковую величину. При случайном отклонении ракеты влево или вправо от заданного курса сигналы одной антенны будут иметь бо́льшую величину, чем сигналы другой антенны. Это вызовет поворот рулей ракеты в требуемом направлении. Таким способом выдерживается курс полёта радиоуправляемой ракеты.

Так империалисты пытались использовать технику радиоуправления для целей разрушения и смерти.

Совсем другое назначение техники радиоуправления у нас в СССР — она служит мирным целям и используется для научных исследований.

Советские учёные не довольствуются изучением близлежащих слоёв атмосферы и стратосферы. Они стремятся проникнуть взором в отдалённые места воздушного океана, окружающего нашу планету.

Приоритет в изучении заоблачных высот принадлежит русским учёным. Ещё М. В. Ломоносов построил модель геликоптера для подъёма метеорологических приборов в верхние слои атмосферы. Идею стратостата впервые разработал гениальный русский учёный Д. И. Менделеев.

Советские стратонавты побили мировой рекорд высотных полётов, поднявшись на 22 километра над уровнем моря. Советским учёным П. А. Молчановым был изобретён первый в мире радиозонд, побывавший на высоте 40 *км*. Радиозонд передавал на Землю сигналы о температуре, влажности и давлении в верхних слоях воздуха.

Но можно ли подняться ещё выше, в неизведанные

области воздушного океана? Советская наука и на этот вопрос даёт положительный ответ. Ракета, управляемая по радио, может проникнуть на высоту более ста километров.

Снабжённая соответствующими приборами ракета поможет советским учёным изучить космические лучи, ультрафиолетовое излучение солнца, определить содержание редких газов в воздухе, выяснить природу магнитных бурь, северных сияний и многое другое.

Телепередатчик, установленный в ракете, даст возможность увидеть на экране телевизора земной шар с огромной высоты.

Русский учёный К. Э. Циолковский впервые в мире разработал принципы конструкции высотной ракеты и указал пути её создания.

Недалеко то время, когда мечты великого русского учёного претворятся в жизнь. Запущенная со стартовой площадки ракета устремится ввысь, в неизведанные высоты воздушного океана. За полётом ракеты будут зорко следить радиолокаторы и телескопы.

Пройдёт минута, и ракета станет в несколько раз легче. Всё топливо будет использовано, двигатель окончит свою работу, ракета полетит по инерции.

Вот она достигает высоты 50—60 километров. Автоматический радиопередатчик передаст на землю: «Температура воздуха 60 градусов выше нуля». Не ошибается ли прибор? Ведь мы по своему опыту знаем, что чем выше от поверхности земли, тем становится всё холоднее и холоднее.

Откуда же взялись 60 градусов тепла? Нет — это не ошибка! Косвенным путём учёные давно установили, что на высоте 50—60 километров стоит сильная жара. Это нагревается слой озона, поглощающий ультрафиолетовую радиацию солнца. Но ещё выше снова начинается зона леденящего холода. На высоте около 80 километров — стоградусный мороз. Затем холод опять сменяется теплом.

Ракета попадает в новую область воздушного океана — ионосферу. Ионосфера отражает радиоволны обратно на землю, давая возможность осуществлять земную радиосвязь на коротких волнах.

Для того чтобы ракета в своём полёте не отклонилась в сторону под влиянием сильного бокового ветра или

вследствие неточной работы двигателя, её снабжают чувствительными автоматическими приборами, и среди этих сложных и чувствительных приборов весьма важную роль играют гироскопы (стр. 52).

При отклонении ракеты от намеченного пути гироскоп включает маленький моторчик, поворачивающий её руль в нужную сторону. Подчиняясь посылаемым с Земли радиосигналам, ракета опять летит прямо, оставляя после себя серебристый след отработанных газов.

Автоматические приборы тем временем берут пробы воздуха на различных высотах, регистрируют космические частицы, измеряют интенсивность ультрафиолетового излучения солнца, фотографируют его спектр, измеряют температуру.

Но вот силы инерции ракеты исчерпаны. Ракета на мгновение останавливается, а затем под действием поля земного тяготения начинает падать обратно на землю. Автоматически открывается парашют, и воспламеняются дымовые шашки, помогающие следить за падением ракеты. Небесная путешественница плавно приземляется, передавая в руки пославших её людей бесценные сокровища, обогащающие советскую науку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неизмеримо велико значение техники управления на расстоянии у нас в СССР. Эта новейшая совершенная техника могучей советской державы уже проникла во все отрасли народного хозяйства нашей страны.

Десятки и сотни автоматических электростанций и подстанций выросли за годы советской власти на нашей родной земле.

Сверкающие светом и чистотой залы централизованного управления на расстоянии насыщены замечательными приборами с электрическими щупальцами, протянувшимися на десятки и сотни километров.

Управляемые на расстоянии системы шлюзов и станций на канале имени Москвы, проектируемые системы новых великих строек коммунизма, централизованное управление на крупных зерновых элеваторах, дистанционное управление объектами Московского метрополитена, централизованный контроль и управление в системах транспорта, в распределении нефти, газа и тепла — всё

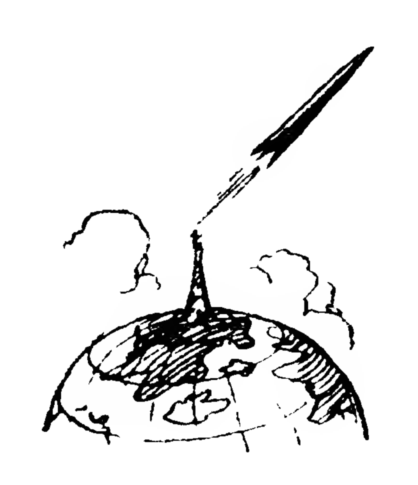
это далеко не полный перечень примеров автоматизированных и управляемых на расстоянии объектов.

Сталинскими премиями за 1950 год отмечены многочисленные работы наших советских учёных, инженеров, изобретателей и новаторов в области создания новых автоматизированных комплексов, управляемых на расстоянии.

Среди них: автоматический завод автомобильных поршней, автоматизированный шагающий экскаватор, за один приём забирающий холм земли объёмом в 14 кубических метров, автоматизированный сверхмощный землесосный снаряд, автоматический бетонный завод, автоматизированные и телемеханизированные Узбекская и Московская энергосистемы, автоматизированная Сталинская водопроводная станция, автоматизированные металлургические установки и прокатные станы, автоматизированные и управляемые на расстоянии сортировочные станции, маршрутные участки и т. д.

Даже простое перечисление этих работ лауреатов Сталинских премий даёт возможность судить о той грандиозной перестройке всего советского народного хозяйства на базе автоматики и телемеханики, которая призвана стереть грань между физическим и умственным трудом, увеличить количество и улучшить качество продукции, ускорить рост изобилия предметов потребления в нашей стране.

Техника управления на расстоянии автоматическими установками и системами — это техника наших дней, техника людей Сталинской эпохи, техника людей — строителей величественного здания коммунизма.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕХНИКЕ УПРАВЛЕНИЯ НА РАССТОЯНИИ

1. **Б. И. Доманский,** Введение в автоматику и телемеханику, Госэнергоиздат, 1950.
2. **В. И. Коваленков, А. В. Храмой,** Автоматика и телемеханика в народном хозяйстве СССР, Госпланиздат, 1948
3. **Б. С. Сотсков,** Элементы автоматических и телемеханических устройств, ВСНИТО, 1948.
4. **Б. С. Сотсков,** Элементы телемеханической и автоматической аппаратуры, Госэнергоиздат, 1950.
5. **В. К. Попов,** Элементы электроавтоматики, Машгиз, 1947.
6. **М. А. Гаврилов,** Теория релейно-контактных схем, АН СССР, 1950.
7. **И. И. Соловьёв,** Автоматизация энергетических систем, Госэнергоиздат, 1950.
8. **В. Ф. Балакирев,** Автоматизация гидроэлектростанций, Госэнергоиздат, 1949.
9. **Б. К. Щукин,** Основы техники телеуправления, Госэнергоиздат, 1945.
10. **В. С. Малов,** Телемеханика в энергетических системах, Госэнергоиздат, 1951.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 1 р. 05 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

Вып. 20. Проф. Б. Б. КУДРЯВЦЕВ. Движение молекул.
Вып. 21. Г. Н. БЕРМАН. Счёт и число.
Вып. 22. О. А. РЕУТОВ. Органический синтез.
Вып. 23. К. А. ГЛАДКОВ. Дальновидение.
Вып. 24. Н. Г. НОВИКОВА. Необыкновенные небесные явления.
Вып. 25. Н. В. КОЛОБКОВ. Грозы и бури.
Вып. 26. А. И. ПОГУМИРСКИЙ и Б. П. КАВЕРИН. Производственный чертёж.
Вып. 27. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
Вып. 28. Е. В. БОЛДАКОВ. Жизнь рек.
Вып. 29. А. В. КАРМИШИН. Ветер и его использование.
Вып. 30. Г. А. ЗИСМАН. Мир атома.
Вып. 31. В. С. СУХОРУКИХ. Микроскоп и телескоп.
Вып. 32. Н. В. ГНЕДКОВ. Воздух и его применение.
Вып. 34. В. Д. ОХОТНИКОВ. В мире застывших звуков.
Вып. 35. С. Г. СУВОРОВ. О чём говорит луч света.
Вып. 36. Г. В. БЯЛОБЖЕСКИЙ. Снег и лёд.
Вып. 37. М. С. ТУКАЧИНСКИЙ. Как считают машины.
Вып. 38. С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ. Управление на расстоянии.

ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКА

SHEBA.SPB.RU/ZA

Хочу всё знать (теория)

Юный техник (практика)

Домоводство (условия)